

NEUGIERIG AUF MORGEN

P.M.

FASZINATION STAR WARS

Was ist Science-Fiction, was ist schon möglich?

DAS MAMMUT-COMEBACK

P.M. besuchte den
Forscher, der das
Ur-Tier züchtet

ÄLTER ALS DIE INKA

Das Geheimnis
der vergessenen
Stadt Tiwanaku

HIRN-FORSCHUNG

Wie und wann
entsteht eine
geniale Idee?

P.M. 4,00 € 01/2016

Österreich 4,50 € · Schweiz 7,00 sFr · Benelux 4,70 € · Spanien 5,30 € · Italien 5,30 € · Portugal 5,50 € · Griechenland 6,30 €

4 190584 1404007 01

WILLKOMMEN ZUHAUSE



ICH BIN EIN STAR – HOLT MICH HIER RAUS!
AB 15.01. | FR | 21:15

Die Jubiläums-Staffel

Wenn Fantasie auf Technik trifft



Florian Gless, Chefredakteur

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

das Jahr 1978 war für mich ein besonderes: Im März wurde ich zehn Jahre alt, und ich weiß noch, wie froh ich war, endlich nicht mehr »einstellig« zu sein. Im Februar desselben Jahres kam aber auch »Star Wars« in die deutschen Kinos, und ich saß im »Metro« in Kiel und war entrückt in eine andere Welt.

Drei junge Helden im Kampf gegen das Dunkle. Ein schwarzer Bösewicht, dessen mechanische Atemgeräusche zum Synonym für Schrecken wurden. Fantastische Raumschiffe in bis dahin ungesesehenen Schlachten, fremde und gruselige Wesen, die sich in einer Kneipe in einem Nest namens Mos Eisley trafen. (Ich kann mir Namen nicht gut merken, aber diesen weiß ich noch immer, 37 Jahre danach.)

Ich bekam nicht genug vom »Krieg der Sterne«, wie der Film damals noch hieß. Meine Eltern schenken mir eine Schallplatte mit der Original-Tonspur – inklusive der unvergesslichen Musik. Die hörte ich auf meinem roten Plattenspieler aus Plastik, dessen Deckel zugleich Lautsprecher war. Ich kaufte mir ein Magazin zum Film, in dem das Making-of mit vielen Fotos erklärt wurde (siehe Foto links). »Star Wars« war für mich eine Traumwelt, in der ich mich gern verlor.

1978 erschien noch etwas zum ersten Mal: Im Oktober kam die erste Ausgabe

von P.M. heraus. Es war eine Zeit, in der spektakuläre Erfindungen unser Alltagsleben für immer veränderten: zum Beispiel der Walkman, der PC, ABS oder CDs. Forscher und Ingenieure folgten ihrer Fantasie und ließen bislang Undenkbares Wirklichkeit werden. Auch »Star Wars«-Regisseur George Lucas profitierte davon: Seine Techniker entwickelten unter anderem digital programmierbare Kameras, die die Filmproduktion revolutionieren sollten.

Heute leben wir erneut in einer Zeit des technologischen Umbruchs. Und vielleicht ist es kein Zufall, dass gerade jetzt ein neuer »Star Wars«-Film erscheint und an die Filme von damals anknüpft: Am 17. Dezember kommt »Episode VII – Das Erwachen der Macht« in die deutschen Kinos. Für uns bei P.M. Grund genug, der Filmsaga in dieser Ausgabe einen Schwerpunkt zu widmen, der auf Seite 22 beginnt. Denn wenn wir auch wie Han Solo und Prinzessin Leia etwas älter geworden sind: Die Begeisterung für Technik und Fantasie ist noch genauso groß wie vor knapp 40 Jahren.

Mit herzlichen Grüßen,

Florian Gless
Florian Gless



Die »Star Wars«-Helden 1983 mit Erfinder George Lucas (links) und das Fan-Magazin zum ersten Film von 1978



Wie lässt sich ein Schuhkarton
möglichst teuer füllen?
Kultautor Randall Munroe verrät es.



Laserstrahlen als
Waffen – ist das
denkbar? Der große
Realitätscheck



TITELTHEMA

P.M.-SPEZIAL: »STAR WARS«

Mit »Episode VII – Das Erwachen der Macht« kehren die Jedi-Ritter zurück in die Kinos. Wie viel Wirklichkeit, wie viel Fortschritt, wie viel Science-Fiction stecken in der Weltraum-Saga?



56

Außerirdisches Leben?



42

Warum wir das Böse brauchen



50

Tricktechnik im Film

INHALT



68

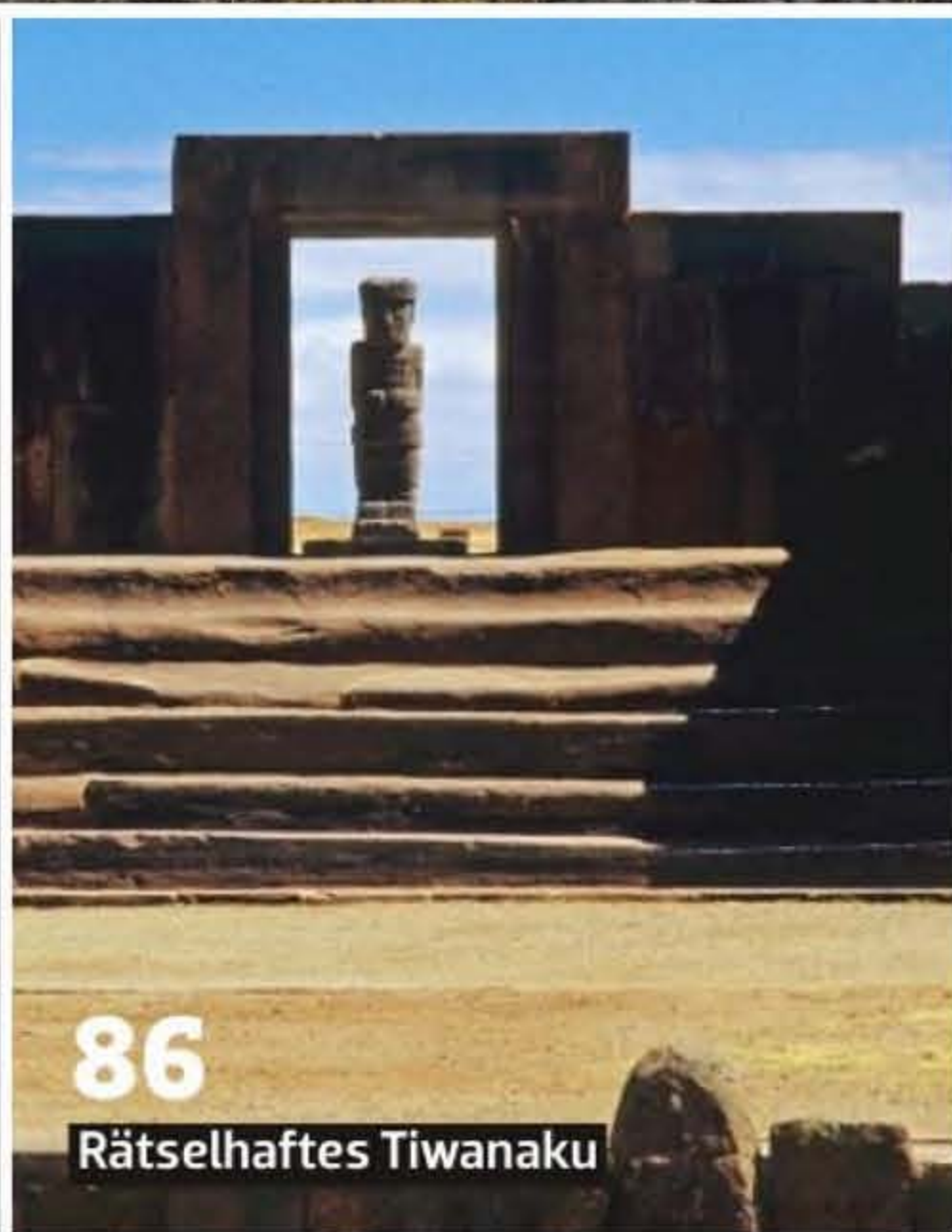
DER WEG ZUM MAMMUT

Der US-Genforscher George Church plant, den Ur-Elefanten zum Leben zu erwecken. Wie will der Harvard-Professor das bloß anstellen?



78

Wie Ideen entstehen



86

Rätselhaftes Tiwanaku

COVERILLUSTRATION: CYPRIAN LOTHINGER; FOTOS: © 2015 LUCASFILM LTD. & TM. ALL RIGHTS RESERVED. USED WITH PERMISSION (2); RANDALL MUNROE, XXPOOL, IMAGO, SIPA, GETTY IMAGES, FI ONLINE, ALL - SILHOUETTES.COM

ALPHA

10 DAS BESTE VON HEUTE UND MORGEN

Neues aus den Laboren der Welt. Der 1-Minute-Experte. Der P.M.-Zukunftsscheck. Die Illu des Monats. Die Kolumne von Randall Munroe

»STAR WARS«-SPEZIAL

22 RÜCKKEHR DER STERNENKRIEGER

Warum uns das Epos so fasziniert

28 WER IST WER IN »STAR WARS«?

Die Charaktere der Saga im Überblick

30 LICHTSCHWERT, HOLOGRAMM, LASERWAFFE

Wie realistisch sind die Filmtechnologien?

42 DER FEIND DES GUTEN

Das Böse: ein existenzieller Teil unseres Lebens

46 MODERNER LUFTKAMPF

Was passiert bei einem Duell echter Kampffjets?

50 DIE DIGITALE TRAUMFABRIK

Wie George Lucas die Filmtechnik erneuerte

TECHNIK & FORSCHUNG

56 AUF DER SUCHE NACH LEBEN IM ALL

Das SETI-Projekt hat plötzlich Geld. Und jetzt?

62 RAUMSCHIFFE DER NÄCHSTEN ART

Neue Technologien für kühne Projekte

VISIONEN & IDEEN

68 BEIM VATER DES MAMMUTS

So soll der behaarte Elefant auferstehen

78 WUNDER DER ERLEUCHTUNG

Wie wir Gedankenblitze herbeiführen können

GRENZBEREICHE & GEHEIMNISSE

86 DAS MYSTERIUM VON TIWANAKU

Was verbirgt die Kultstätte am Titicacasee?

RUBRIKEN

- 3 Editorial
- 6 Leserbrief
- 8 Zitate
- 66 Kolumne von Wolfgang M. Heckl: Fantasie
- 76 Schlaumacher – neue Bücher
- 84 Wie jetzt? Sie fragen – wir antworten
- 94 Rätsel
- 96 Vorschau/Impressum
- 98 P.M.s Tierleben: das Rentier

Alle Coverthemen sind rot markiert

So erreichen Sie uns

Wenn Sie Fragen zu Ihrem Abonnement haben:

Internet:

www.pm-magazin.de/kundenservice

Telefon: +49 (0) 40 5555 8980
(Mo.–Fr. 7.30–20 Uhr, Sa. 9–14 Uhr)

Post: P.M.-Kundenservice
20080 Hamburg

Fax: 01805 8618002*

E-Mail: pm-service@guj.de

Jahresabopreise:

D: 48,00 €; A: 54,00 €; CH: 84,00 sFr
Weitere Abo-Auslandspreise auf Anfrage

USA: GLP International

153 South Dean Street, Englewood, NJ 07631

Telefon: (+1) 201 8711010

E-Mail: subscribe@glpnews.com

Kanada: German Canadian News

25–29 Coldwater Rd., Toronto,

Ontario, M3B 1Y8

Telefon: (+1) 416 3914192

E-Mail: re@gcnews.ca

Wenn Sie einzelne AUSGABEN bestellen möchten:

Telefon: +49 (0) 40 5555 8980

Post: P.M.-Versandservice

20080 Hamburg

Fax: 01805 8618002*

E-Mail: Heft-Service@guj.de

Wenn Sie uns schreiben möchten:

Post: P.M. Magazin

Am Baumwall 11, 20459 Hamburg

E-Mail: kontakt@pm-magazin.de

Die Redaktion behält sich vor,
Leserbriefe zu kürzen.

*14 Cent/Min. aus dem dt. Festnetz

Ab 10.12.2015 im App Store



Das neue
P.M. eMagazin



Das neue P.M.

P.M. 10/2015

Neue Linie

Hiermit möchte ich mich bedanken für die Neuerungen. Ich hoffe, Sie bringen mit dieser Bereicherung wieder Technikbeiträge für Menschen, welche kein technisches Studium genossen haben. Ich glaube, bei Ihrem breit gefächerten Angebot müsste die Rubrik mit Technik gut ankommen. Es gibt keine lesbare Alternative zu P.M. Ich wünsche Ihnen viel Erfolg für die Zukunft.

Ludwig Schmittner, via E-Mail

Flugauto

in P.M. 10/2015

Fliewatüüt

Flugautos mögen Wunschträume von vielen sein, aber sie sind auch Albträume: Nicht, dass wir schon genug Lärm hätten, nein, jetzt müssen wir uns auch noch auf diese Krachmacher über unseren Köpfen einstellen – kaum ist ein Anfang

mit den leisen Elektroautos gemacht, kommt schon der nächste Krawall auf uns zu.

Erhard Püntener, via E-Mail

Kernfusion

in P.M. 11/2015

Fehlerteufel

Sie zeigen auf Seite 61 eine Aufnahme, die angeblich die Explosion der russischen Zar-Bombe über dem Nordpolarmeer zeigt, was völlig abwegig ist, weil auf der Abbildung mit Sicherheit ein Südseeatoll (wahrscheinlich Mururoa) zu sehen ist. Palmen wachsen nämlich nicht im Nordpolarmeer.

Siegfried Bauer, via E-Mail

Anmerkung der Redaktion:

Sie haben natürlich recht.

Es ist Mururoa.

Wie jetzt?

P.M. 11/2015

Gigaliner

Etwas enttäuscht war ich bezüglich des halbseitigen Artikels über neue Lkw-

Zugkombinationen, die eine Gesamtlänge von bis zu 25 Metern haben können. Gerade von Ihrem zukunftsorientierten und sonst so aufgeschlossenen Magazin hätte ich eine faire Darstellung erwartet. Die Testfahrzeuge, die eben ihre Tauglichkeit unter Beweis stellen müssen, haben mit der Fotomontage nichts zu tun. Wirklich traurig ist das, da die derzeitige Logistik noch sehr verbesserungsfähig ist.

Ludwig Schmittner, via E-Mail

Anmerkung der Redaktion:

Bei dem Bild ging es uns ganz bewusst nicht um eine realistische (oder – wie Sie schreiben – »faire«) Darstellung, sondern um eine aussagekräftige Bebilderung. Der dargestellte Truck ist ja zweigeteilt und obendrein so übertrieben in die Länge gezogen, dass er kein Abbild der Wirklichkeit ist, sondern nur symbolisch eine extreme Übergröße verdeutlicht.

Hightech-Heiler

P.M. 12/2015

Implantate

Ich bin immer wieder aufs Neue begeistert vom P.M. Magazin. Der Bericht zum Thema »Hightech-Implantate« liest sich zeitweise wie Science-Fiction. Und doch weiß ich aus eigener Erfahrung, wie real und wie wunderbar diese Implantate funktionieren können: Ich trage selbst sehr erfolgreich Cochlea-Implantate (CI).

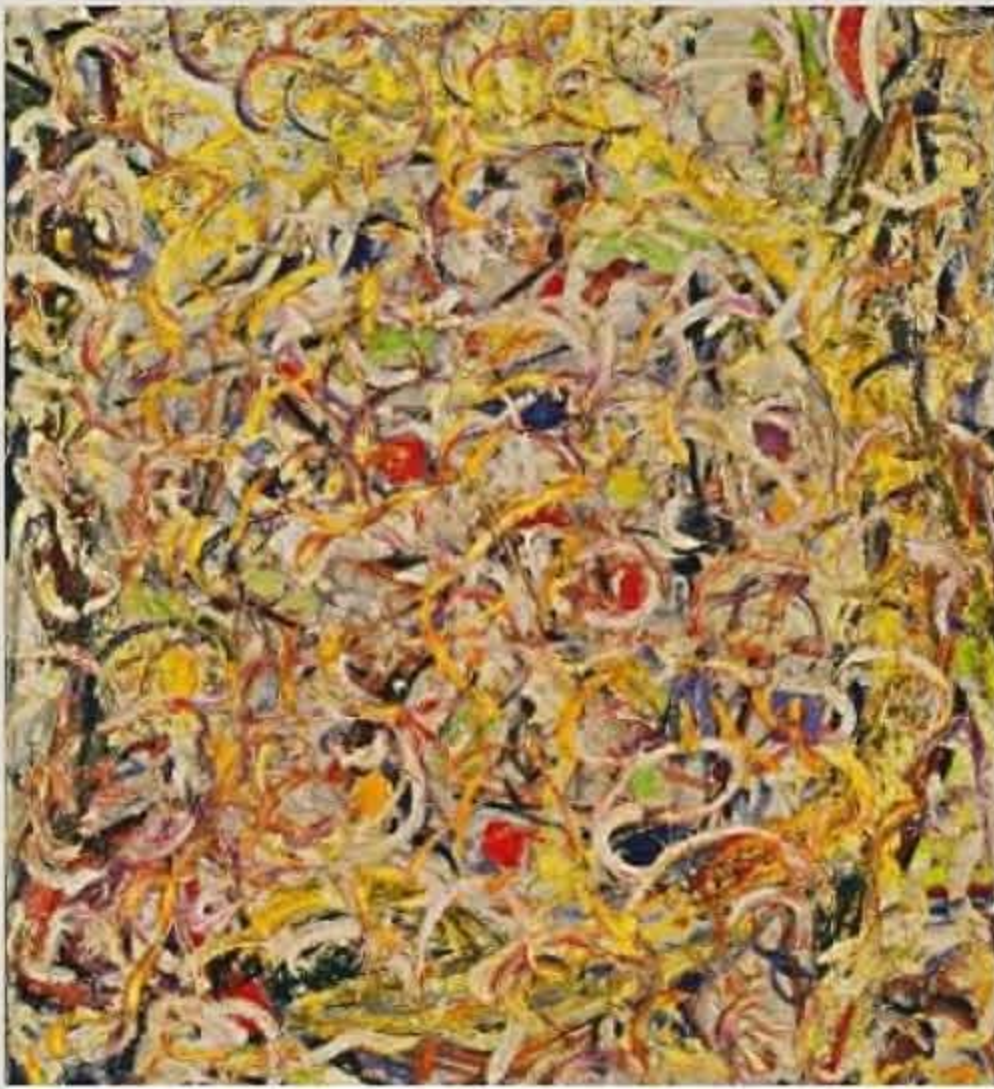
Erika Classen, via E-Mail

Schreiben Sie uns Ihre Meinung! Per E-Mail an: kontakt@pm-magazin.de

**Oh, das sieht
aber hübsch aus.**

**Nachher ist man immer klüger.
Jeden Monat über 50 neue ZDFinfo Dokus.**

dokus.zdfinfo.de



»Shimmering Substance«, Jackson Pollock

DREISATZ KUNST

Ein Thema
in drei Sätzen

»Künstler wird nur der,
welcher sich vor seinem
eigenen Urteil fürchtet.«

Ludwig Anzengruber (1839–1889),
österreichischer Dramatiker und Erzähler

»Der wahre Künstler stellt
sich die Frage gar nicht,
ob sein Werk verstanden
werden wird oder nicht.«

Adalbert Stifter (1805–1868),
österreichischer Schriftsteller

»Wenn ich wüsste,
was Kunst ist,
würde ich es
für mich behalten.«

Pablo Picasso (1881–1973),
spanischer Maler und Bildhauer

» Wer sich allein langweilt,
ist auch zu zweit
nicht sehr unterhaltend.«



Karin Wagner aus
Altenstadt schickte uns
dieses Zitat des britischen
Schauspielers
Ben Kingsley (*1943)

Auch zum Zögern muss man sich entschließen.

Stanisław Jerzy Lec (1909–1966), polnischer Lyriker und Aphoristiker



» Jeder dumme Junge kann einen Käfer
zertreten. Aber alle Professoren der Welt
können keinen herstellen.«

Arthur Schopenhauer (1788–1860), deutscher Philosoph und Autor;
ingesandt von Gunter Heidenreich aus Köln

»Auf dem Weg
der Freundschaft
soll man kein Gras
wachsen lassen.«



Marie-Thérèse Rodet Geoffrin
(1699–1777), französische
Salonnière und Mäzenin;
ingesandt von Helmut Schriffl

» Wer es nicht einfach
erklären kann,
hat es auch noch
nicht verstanden.«



Albert Einstein (1879–1955),
deutscher Physiker und
Nobelpreisträger;
ingesandt von Alexander
Obermayer aus Waging am See

» Alles Reden ist sinnlos, wenn das Vertrauen fehlt.«

Franz Kafka (1883–1924), deutsch-österreichischer Romanautor

Haben Sie ein Lieblingszitat?

Schicken Sie es uns! Wir freuen uns über Einsendungen an zitate@pm-magazin.de.
Bitte nennen Sie uns auch den Urheber. Unter allen Teilnehmern verlosen wir ein
Jahresabo von P.M. Fragen & Antworten. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.
In dieser Ausgabe hat Karin Wagner gewonnen.

Die GEO-Kindertitel: garantiert für jede Größe was dabei.

**AB 5
JAHREN**

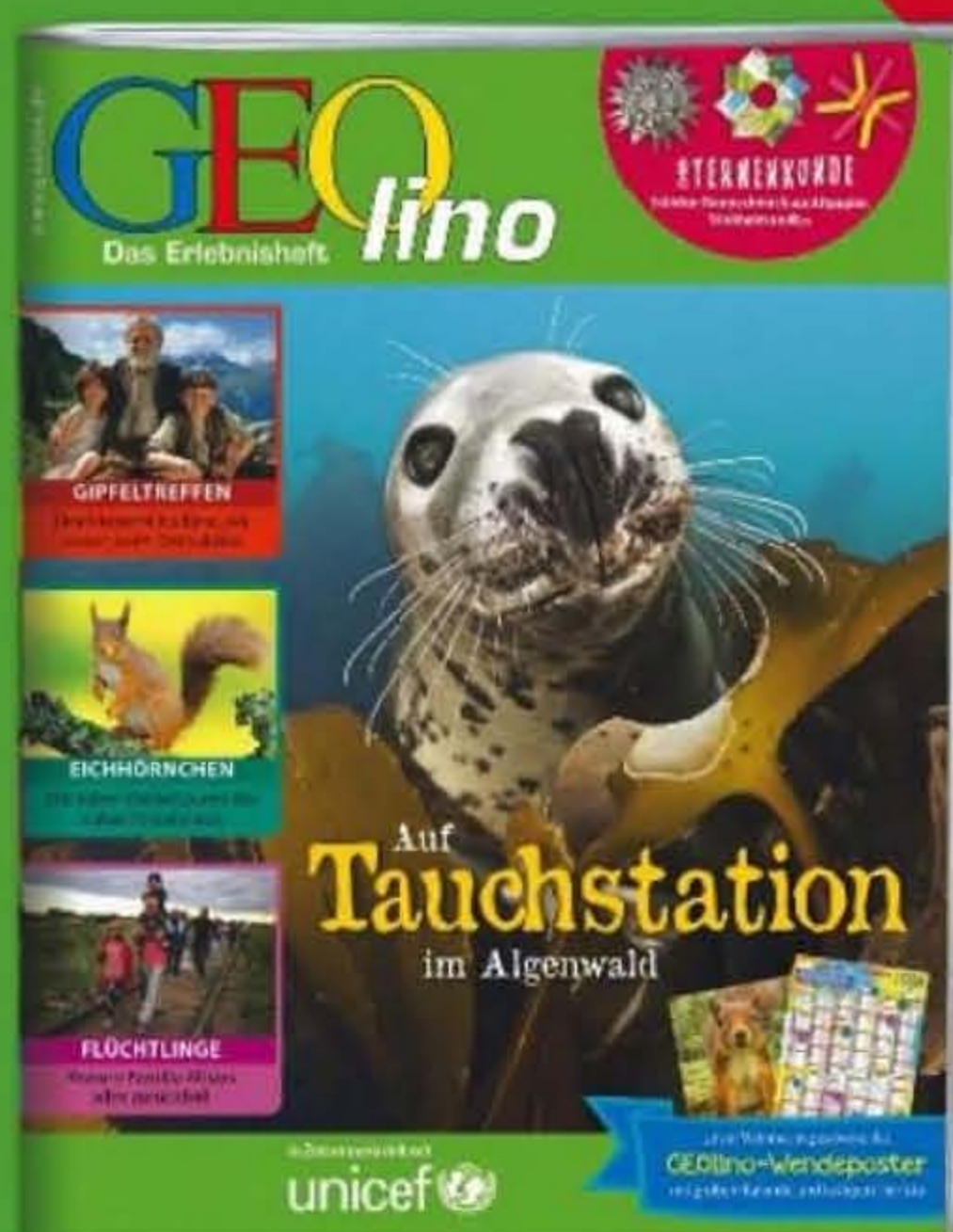


GEOmini

Das Heft für neugierige Erstleser.

Jungen und Mädchen ab fünf Jahren finden in GEOmini jeden Monat altersgerechte Beiträge zu verschiedensten Themen. Dazu gibt es jede Menge Rätsel, Spielanleitungen und tolle Basteltipps.

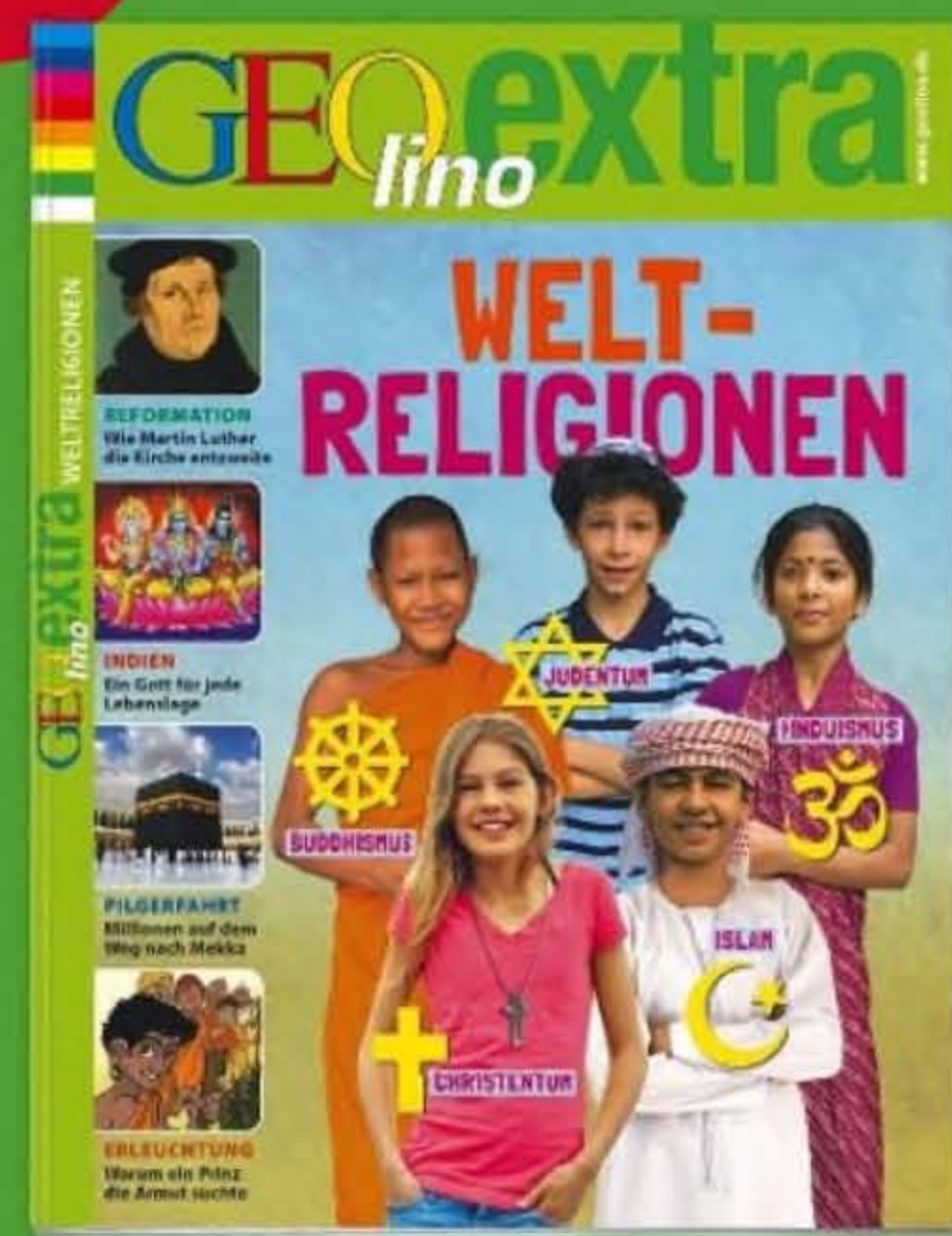
**AB 8
JAHREN**



GEOlino

Deutschlands größte Kinderzeitschrift.

GEOlino wendet sich an junge Entdecker ab acht Jahren. Ob Tiere, Natur oder Technik: In herausragenden Bildern und Texten bietet das Heft Monat für Monat Geschichten aus der ganzen Welt.



GEOlino extra

Das Themenheft für alle zwischen 8 und 14 Jahren.

GEOlino extra lässt keine Fragen offen: Sechsmal im Jahr widmen sich die Hefte auf 100 Seiten jeweils einem spannenden Thema in aller Breite und Tiefe. Auch mit DVD erhältlich.

GEOmini, GEOlino oder GEOlino extra jetzt bestellen?
Unter www.geo.de/shop oder unter 040/5555 89 90

ALPHA

An aerial photograph of a tropical coastline. The water is a vibrant turquoise, with white sand beaches visible along the edges of several islands. The islands are covered in lush green vegetation. The sky is a deep blue with scattered white clouds. The word "ALPHA" is written in large, white, sans-serif capital letters across the top left of the image, partially overlapping a solid orange rectangular block.



Mit Wasserfarben


BLICK AUS DEM ALL Schäfchenwolken, grüne Inselchen, Buchten und azurblaues Meer. Die Bahamas sehen einfach traumhaft aus – selbst wenn man sie aus 400 Kilometern Höhe von der Raumstation ISS aus fotografiert. Eine genaue Betrachtung dieses Bilds lohnt sich: Man kann die Tidenkanäle erkennen, die das Wasser im ewigen Spiel von Ebbe und Flut zwischen das Land getrieben hat – je dunkler die Färbung, desto tiefer sind sie. Das umgebende Meer hingegen ist flacher und darum heller. Teilweise sieht man Sandbänke durch das Wasser schimmern. Und wer sehr scharf hinschaut, entdeckt womöglich sogar das Flugzeug, das über die Szenerie gleitet (siehe unten). Können Sie, liebe Leser, sagen, welchen Fleck aus dem großen Foto wir für den Ausschnitt unten vergrößert haben?

Der weiße Punkt am obersten Tidenkanal ist ein Flugzeug, das Kondensstreifen hinter sich herzieht.


Experte in einer Minute

FOLGE 4: QUANTUM DOT

WAS IST DAS DENN? EIN BESONDERS KLEINER PUNKT?

 Ganz gut geraten. Quantum Dots sind Halbleiterkristalle, die zwei bis zehn Nanometer groß sind – was ungefähr der Größe von 50 Atomen entspricht. Das ist ein Milliardstel eines Meters.

WAS MACHT SIE BESONDERS?

 Quantum Dots verhalten sich ein bisschen wie herkömmliche Halbleiter und zugleich ein wenig wie ein Molekül. Mit ihrer Hilfe lässt sich sehr genau steuern, wie zum Beispiel Elektronen in einem winzigen Schaltkreis fließen.

UND WAS MACHT MAN DAMIT?

 Die israelische Firma StoreDot will mit Quantum Dots Energiespeicher bauen. Die sollen sich schneller laden lassen als normale Batterien und auch wesentlich leistungsfähiger sein. Die Rede ist von Handyakkus, die sich binnen einer Minute aufladen würden.

WANN KANN ICH DAS KAUFEN?

 Wenn StoreDot seine Versprechen tatsächlich einlösen kann, dann wird es schon 2016 die ersten Spezialakkus zu kaufen geben. Zugleich versucht die Firma, ihre Technologie auch für größere Anwendungen weiterzuentwickeln. Ein Beispiel sind Batterien für Elektroautos.



Zurück in der Zukunft



P.M. berichtet seit mehr als 35 Jahren über kommende Entwicklungen. Was ist daraus geworden? Sind die Prognosen eingetroffen, oder gingen sie auch mal daneben? Wir werfen einen Blick zurück, diesmal auf einen Bericht aus dem November 1996.



1996: Flug zum Mars

WELTRAUM Was braucht man, um den Mars zu besiedeln? Vor allem: grenzenlosen Optimismus. Denn die bisherige Geschichte der Marsmissionen ist von Fehlschlägen geprägt. Mehr als 40 Raumsonden wurden bis heute von Amerikanern, Russen und Europäern zum Roten Planeten geschickt – nur 17 dieser Missionen endeten erfolgreich. Orbiter verglühten oder stürzten ab, Lander verloren den Funkkontakt zur Erde. Schon als P.M. im Herbst 1996 ein vorläufiges Fazit der Marsmissionen zog, zählte der Bericht eine ganze Reihe von Pannen auf. Zum Beispiel das Ende der russischen Landekapsel »Mars 2«, die 1971 auf der Oberfläche des Planeten landen sollte: »Das erste von Menschenhand geschaffene Objekt, das die Oberfläche des Mars erreichte, kam als Schrott dort an.«

So war P.M. auch nur verhalten zuversichtlich, als es um die Pro-

gnose der künftigen Marsprojekte ging. Zu Recht, wie wir heute wissen, denn schon die nächste Mission nach dem Erscheinen des Berichts in Heft 11/1996 ging schief: Die Trägerrakete versagte, und der Orbiter »Mars 96« verfehlte sein Ziel.

Andere von P.M. beschriebene Zukunftsmissionen fanden gar nicht erst statt: »Bis zum Jahr 2003 will man das »Mars Network« errichtet haben«, hieß es zum Beispiel in dem Artikel, damit sei »ein Netzwerk von acht internationalen Marsstationen« gemeint.

Und heute? Sammeln Roboter Bodenproben von der Marsoberfläche. Zweifellos eine beachtliche Leistung, aber mit der geplanten Landung von Menschen hat das nicht viel zu tun. Der erste bemannte Marsflug soll im Jahr 2033 stattfinden. Skeptiker wie der ehemalige Astronaut Ulrich Walter rechnen eher mit dem Jahr 2046.

Die Käfer vom Museumsdach

BIOLOGIE Begonnen hatte alles nur als ein Hobby. Am Ende war es echte Forschung. 1992 fingen die beiden Dänen Ole Karsholt und Jan Pedersen an, Käfer und Motten auf dem Dach des Naturhistorischen Museums in Kopenhagen zu sammeln. Und das Duo zeigte dabei Ausdauer. Inzwischen haben die beiden mehr als 250 000 Insekten eingefangen, die zu 1543 verschiedenen Spezies gehören. Dank ihrer Akribie konnten die Hobbyforscher besondere Entdeckungen machen. So waren Karsholt und Pedersen die Ersten, die den Asiatischen Marienkäfer auf dänischem Boden fingen. Die beiden beobachteten auch, wie heimi-

sche Arten wie der Eichelbohrer (Bild rechts), die bisher in südlichen Gegenden wie der Türkei und Nordafrika lebten, plötzlich in Kopenhagen auftauchten. Andere Arten dagegen verschwanden. Karsholt und Pedersen vermuten, dass daran der Klimawandel schuld ist. Einigen der Vielbeiner geht schlichtweg die Nahrung aus, weil Pflanzen, von denen sie sich bisher ernährten, nicht mehr in diesen Breitengraden wachsen. Gemeinsam mit Forscherkollegen kom-



Kleines Kerlchen mit großem Rüssel: Der Eichelbohrer wird bis zu 7,5 Millimeter lang.

men Karsholt und Pedersen zu einem klaren Schluss: »Unsere Studie zeigt, dass uns der Klimawandel nicht erst in ferner Zukunft betrifft, sondern schon heute die Artenvielfalt verändert.«

»Ich wollte coole Ideen neu darstellen und nicht wieder ein Buch mit langen und komplizierten Erklärungen schreiben.«

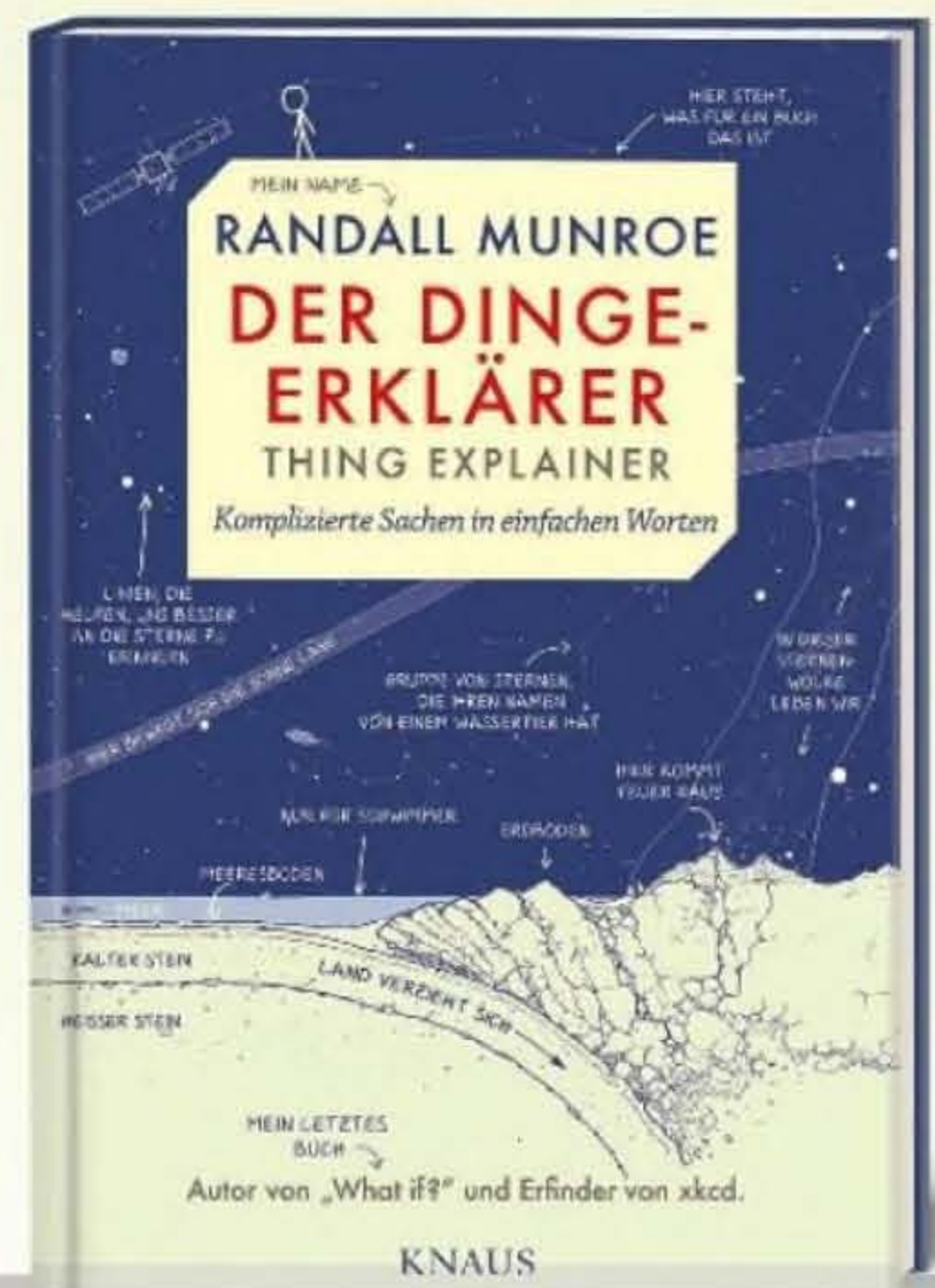
RANDALL MUNROE



BLÄTTER
Das grüne Zeug im Inneren der Blätter isst Sonnenlicht (und die Luft, die wir ausatmen) und verwandelt es in Energie (und in die Luft, die wir einatmen).

BAUPLAN
Tiere schlafen in runden Ästen und...

Mit genialen Zeichnungen und nur den 1000 häufigsten Wörtern veranschaulicht der „**DINGE-ERKLÄRER**“ höchst komplizierte Sachen vom Sonnensystem bis zum Bauplan eines Flugzeugs.



www.knaus-verlag.de
KNAUS



Der Edmontosaurus (oben) war ein reiner Pflanzenfresser und wurde bis zu vier Tonnen schwer. Das Exemplar ist eines von weltweit zwei Edmontosaurus-Mumien.

MEIN LIEBLINGSSTÜCK



Der Edmontosaurus

»Der Keller eines Museums ist nicht der Ort, an dem man Spektakuläres erwartet. Doch der Edmontosaurus, den wir hier zeigen, ist eine Rarität: Er ist eine Dino-mumie. Als das Tier vor

etwa 70 Millionen Jahren starb, ist es erst durch die Hitze ausgetrocknet und wurde dann von einer Schlammschicht überdeckt. Deshalb ist das Fossil so gut konserviert. Selbst Sehnen- und

Hautreste haben wir gefunden. Wir wissen deshalb zum Beispiel, dass der Körper des Edmontosaurus mit Schuppen bedeckt war, aber sie am Körper größer waren als an seinen Füßen.«

Bernd Herkner ist Leiter des Senckenberg Naturmuseums in Frankfurt am Main.



ELEMENT DES MONATS



Scandium

Entdeckt: 1879
Ordnungszahl: 21
Atommasse: 45 u
Bei 20 °C: fest
Radioaktiv: nein
Ist ein: Metall
Farbe: silbergrau

Das Element trägt den Namen Skandinaviens, weil der Schwede Lars Nilson es entdeckte. Es hat eine geringe Dichte und ist trotzdem sehr fest. Darum wird das Material unter anderem in Golf- oder Baseballschlägern verarbeitet.



Muss ich die kennen?

NICOLA SPALDIN, MATERIALFORSCHERIN

WER IST DAS?

Die Britin ist Professorin an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich. Sie hat neuartige Kristalle entwickelt, die die Welt der Computer revolutionieren könnte.

WAS MACHT SIE?

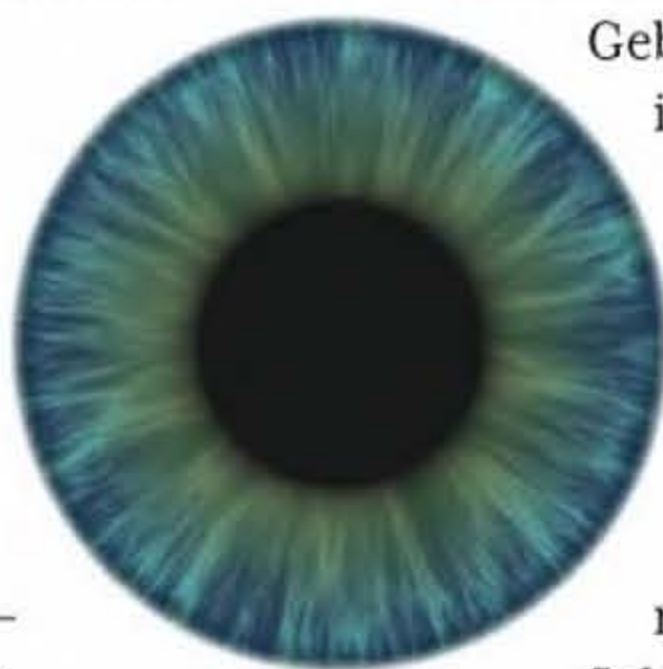
Die 46-jährige Chemikerin und Materialtheoretikerin sucht nach begehrten Stoffen, die es in der Natur nicht gibt. So hat sie sogenannte Multiferroika entwickelt: chemische Verbindungen, die sowohl auf elektrische als auch auf magnetische Felder reagieren.



Richtig oder falsch?

LESEN IM DUNKELN VERDIRBT DIE AUGEN

> FALSCH Wenn man bei mangelhafter Beleuchtung liest, erweitern sich die Pupillen, damit genug Licht auf die Netzhaut fällt – wie bei einem Fotoapparat, bei dem eine große Blende viel Licht hindurchlässt. Sie ermöglicht aber nur geringe Tiefenschärfe. Genauso ist es beim Auge. Da sein Schärfenbereich bei weit geöffneten Pupillen gering ist, muss man sich beim Lesen stärker konzentrieren. Das strengt an. Lesen bei wenig Licht lässt also die Augen schneller ermüden – schädlich ist das aber nicht.



später Babys, die besonders oft lächelten oder lachten.

DIE SCHWEIZ HAT DIE BESTE BAHN

> RICHTIG Nirgendwo sonst in Europa oder sogar auf der Welt gibt es ein vergleichbar dichtes Netz von Eisenbahnstrecken (bezogen auf die Gesamtfläche des Landes) – obwohl ein großer Teil im Gebirge liegt. Für Reisende ist ideal, dass die Fahrzeiten von Bahnen und Bussen aufeinander abgestimmt sind. 97 Prozent der Fahrgäste erreichen ihre Anschlusszüge, deutlich mehr als in Deutschland oder in Österreich. Die grobe Planung der Schweizer Bahnfahrpläne geschieht schon 15 Jahre im Voraus.

SCHOKOLADE MACHT GLÜCKLICH

> RICHTIG Schokolade enthält die Aminosäure Tryptophan, mit deren Hilfe der Körper Serotonin herstellen kann. Dieses Signalmolekül gilt als »Glücksbotenstoff«. Wenn Serotonin im Gehirn fehlt, können Angstzustände die Folge sein. In Versuchen verzehrten depressive Testpersonen überdurchschnittlich viel Schokolade. Und Schwangere, die täglich Schokolade aßen, hatten

IM SUPERMARKT DARF MAN PROBIEREN

> FALSCH Die Weintrauben in der Auslage sehen gut aus – aber schmecken sie auch? Um das zu testen, steckt sich eine Kundin eine einzelne Traube in den Mund. Was sie tut, ist nicht erlaubt und streng genommen sogar Diebstahl. Wer etwas kosten möchte, muss zuvor das Personal um Erlaubnis fragen.

WEM BRINGT DAS WAS?

Computer besitzen magnetisches Material zur Speicherung von Daten sowie Halbleiter, die die Daten verarbeiten. Die Atome mit den guten magnetischen Eigenschaften haben keine guten elektrischen Eigenschaften und umgekehrt. Das von Nicola Spaldin entwickelte Material (Bismutferrit) vereint beide Eigenschaften.

Damit könnte man Mini-Laptops mit schnellen und zugleich stromsparenden Magnetspeichern bauen, aber auch winzige Nanomotoren.

WIE GEHT ES WEITER?

Zusammen mit ihrem Team will Nicola Spaldin erforschen, wie die Multiferroika optimal zusammengesetzt sein müssen, um sie anwendungsreif zu machen.



Omas Labor

Warum ihre Tricks funktionieren

FOLGE 4: WEIN ENTKORKEN

Feierabend! Jetzt wäre ein Gläschen Wein schön. Aber wo steckt bloß der Korkenzieher?



Korken raus: Die Lust auf Wein macht erfinderisch.

OMA SAGT:

Die Flasche in einen Schuh stellen, den man dann mit der Sohle gegen eine Wand haut. Nicht zu fest – und beides festhalten!

DIE WISSENSCHAFT DAHINTER:

Zunächst werden Schuh, Flasche und Wein gemeinsam beschleunigt und dann abrupt durch den Aufprall an der Wand gebremst. Während Schuh und Flasche sofort stoppen, bewegt sich die Flüssigkeit weiter und schwappt gegen den Flaschenboden. Weil der Wein aber dort nicht weiter kann, ändert er seine Richtung. Er läuft mit Wucht gegen den Korken und schiebt ihn dabei ein kleines Stück heraus. Hinzu kommt, dass sich während des Schüttelns kleine Luftbläschen im Wein bilden, die dann zerplatzen. Auf diese Weise entstehen kleine Stoßwellen, die den Korken aus der Flasche drücken.

MÄCHTIG SPEICHERN TRIBE »STAR WARS«- USB-STICKS

Diese mobilen Datenträger gibt es mit fast allen populären »Star Wars«-Figuren, etwa Darth Vader, einem Stormtrooper – und natürlich mit den unten gezeigten Charakteren.

Ca. 16/26 Euro (8/16 GB)



DUSCHEN UNTER STERNEN »STAR WARS«-DUSCHKÖPFE

Ob Warmduscher oder Kaltwasserfreund: Liebhabern aller Temperaturen verspricht dieser R2-D2-Duschkopf einen Molekülregen nach Sternenkriegerart.

Bed Bath & Beyond, Ca. 25–30 Euro (R2-D2/auch mit Darth Vader)

ROLLKOMMANDO

SPHERO BB-8

Dieser Mini-Spielzeugroboter lässt sich per App steuern (ab Android 4.4.2 oder iOS 8) und flitzt mit bis zu 7,2 Stundenkilometern um die Ecken.

169 Euro



Spiel mit der Macht

Sie können nicht genug bekommen vom Kampf der Jedi-Ritter mit der dunklen Seite der Macht? DVDs gucken reicht Ihnen nicht mehr? Wir hätten da was für Sie ...

TEXT: KARL-GERHARD HAAS



DIE DUNKLE SEITE DES BROTES DARTH-VADER-TOASTER

Der Fürst der Finsternis brennt das »Star Wars«-Logo schwarz auf weiß – oder auf den braunen Mehrkorntoast.

Bed Bath & Beyond, Ca. 50 Euro



FLIEG, VOGEL, FLIEG

HASBRO E7

MILLENNIUM FALKE

Er macht bei Start und Landung Geräusche wie das Vorbild auf der Leinwand; er schießt per ausfahrbarem »Nerf-Blaster« Pfeile; er bringt (als Figuren) Chewbacca, Finn und BB-8 gleich mit. Und: Die Rückseite des batteriebetriebenen Spielzeugs lässt sich öffnen. Darin verbirgt sich das Innere des Raumschiffs. Ca. 159 Euro



Gute Freunde steh'n zusammen.

Große Geschichten stehen im



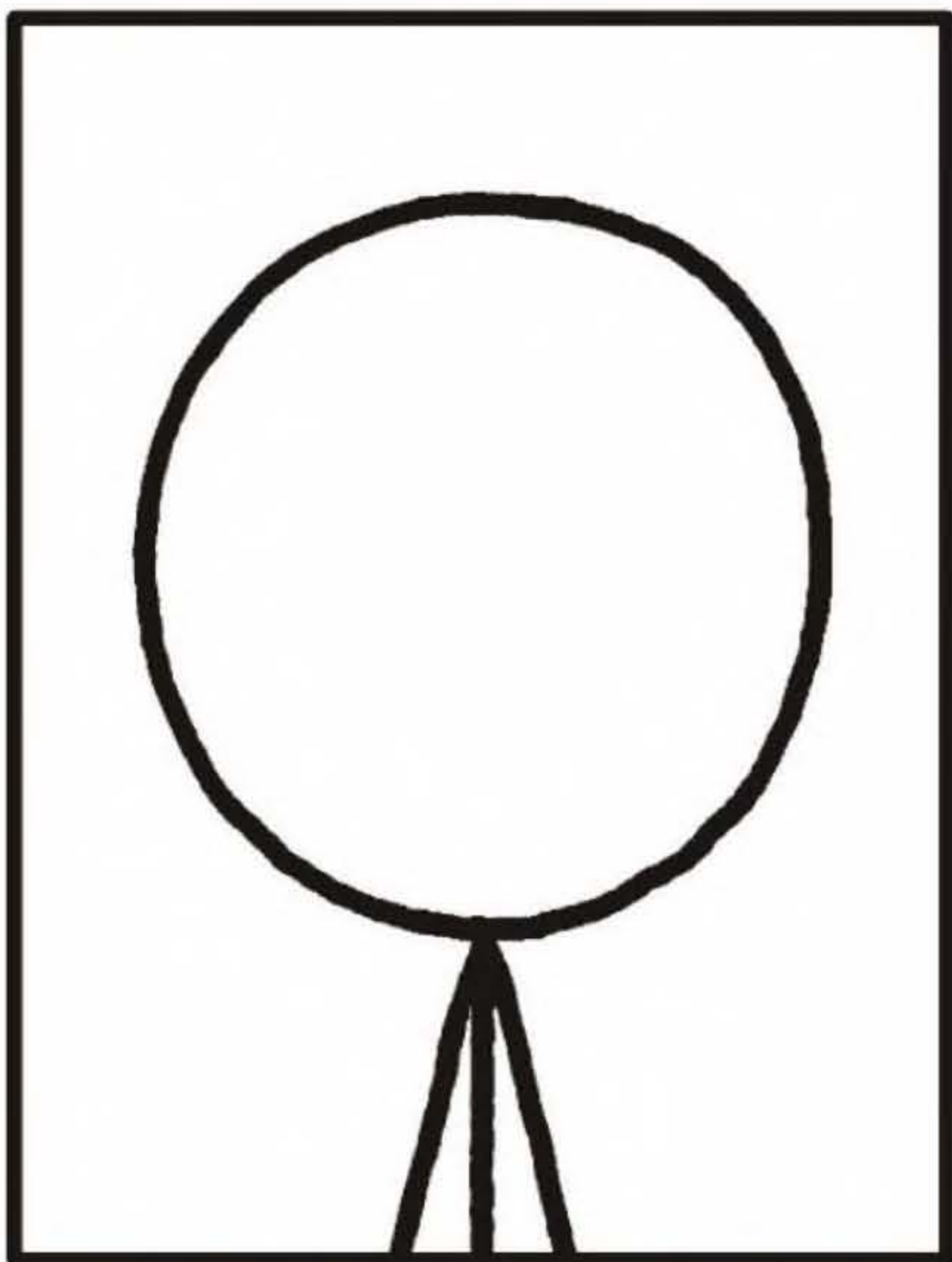
stern

Das Reporter-Magazin

RANDALL MUNROE EXKLUSIV IN P.M.

What if?

»Was wäre, wenn?«



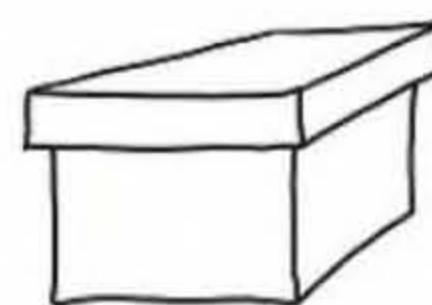
Munroe, 31, im Selbstporträt. Der Physiker stammt aus den USA. Diese Kolumne erscheint hier erstmals auf Deutsch.

Teurer Schuhkarton

Wie könnte man einen Karton für Schuhe der Größe 45 so teuer wie möglich füllen?

Frage von Rick Lewis

Ein Schuhkarton voll kostbarer Dinge erreicht bei etwa zwei Milliarden Dollar offenbar seinen Maximalwert. Überraschenderweise trifft das auf eine ganze Reihe möglicher Füllungen zu.



≈ \$2,000,000,000

MicroSD-Karten sind eine gute Idee. Ein iTunes-Song kostet etwa einen Dollar, und MicroSD-Karten haben eine Kapazität von ungefähr 0,42 Petabyte pro Liter. Ein Karton für Männerschuhe der Größe 45 fasst je nach Marke und Schuhtyp zehn bis fünfzehn Liter, sodass bis zu 1,5 Milliarden 4-MB-Songs hineinpassen. (Das ist etwa das Zwanzigfache des gesamten Songangebots bei iTunes. Manche Titel werden Sie wohl mehrmals kaufen müssen.) Teure Software wie Adobe® Photoshop® CS5™ hat ein etwas höheres Kosten-pro-Megabyte-Verhältnis, sie wird im Einzelhandel für mehrere Hundert Dollar verkauft und nimmt mehrere Hundert Megabyte Speicherplatz ein.

Wenn Sie erst einmal beginnen, über Softwarepreise nachzudenken, können Sie die »Kosten« von Dingen in einer Schuhschachtel wahrscheinlich so weit hochschrauben, wie Sie wollen, indem Sie eine unbegrenzte Zahl von In-App-Käufen vornehmen. Sie werden allerdings nicht so leicht seriös behaupten können, dass Ihr Rollenspiel-Charakter, in welcher Hinsicht auch immer, eine Billion Dollar wert sei.



MEINE LIEBEN AMERIKANISCHEN MITBÜRGER, UNSERE STAATSSCHULDEN SIND UNERWARTET UM 2 BILLIONEN DOLLAR GEWACHSEN. GANZ UNABHÄNGIG DAVON – SCHAUEN SIE DOCH MAL, WIE VIELE SCHWERER MEIN CHARAKTER HAT!

Denken wir also lieber über handfeste Gegenstände nach.

Da wäre natürlich Gold. 13 Liter Gold sind, während ich dies schreibe, ungefähr zehn Millionen Dollar wert. Platin ist ein bisschen teurer – rund 13 Millionen Dollar pro Schuhkarton¹. Das ist ungefähr der zehnfache Wert eines Schuhkartons voller Hundertdollarscheine. Allerdings wäre eine Schuhschachtel voller Gold etwa so schwer wie ein kleines Pferd.

Manche Metalle sind noch teurer. Ein Gramm reines Plutonium würde beispielsweise um die 5000 Dollar kosten. Obendrein ist Plutonium sogar noch dichter als Gold, und Sie könnten fast 300 Kilogramm davon in einem Schuhkarton unterbringen.

Ehe Sie nun aber drei Milliarden Dollar für Plutonium ausgeben, sollten Sie eins bedenken: Die kritische Masse von Plutonium liegt bei etwa zehn Kilogramm. Und so könnten Sie zwar 300 Kilogramm von diesem Metall in einen Schuhkarton packen, aber nur für kurze Zeit.



Diamanten von hoher Qualität sind teuer, aber es ist schwer, ihrem genauen Preis auf die Spur zu kommen, denn ~~die ganze Branche beruht auf~~

~~Schwindel~~ der Edelsteinmarkt verhält sich kompliziert. Eine Website gibt für einen lupenreinen Diamanten mit einem Gewicht von 600 mg (3 Karat) einen Preis von mehr als 300 000 Dollar an. Danach könnte ein Schuhkarton voll makelloser Schmuckdiamanten satte 20 Milliarden Dollar wert sein – realistischer sind aber eine oder zwei Milliarden Dollar.

HMM. WIE KANN MAN RUND-
GESCHLIFFENE DIAMANTEN VON
EINHEITLICHER GRÖSSE AM
EFFIZIENTESTEN SCHICHTEN?



BIN IN 12 STUNDEN
WIEDER DA...

Viele illegale Drogen sind dem Gewicht nach wertvoller als Gold. Der Kokainpreis ist je nach Region sehr unterschiedlich, liegt aber in vielen Gebieten um die 100 Dollar pro Gramm². Gold kostet gegenwärtig weniger als die Hälfte. Allerdings hat Kokain längst nicht die Dichte des Edelmetalls³, sodass ein Schuhkarton mit Kokain weniger wert wäre als einer mit Gold.

Wenn es nach dem Gewicht geht, ist Kokain aber auch nicht die teuerste Droge. LSD kostet pro Gewichtseinheit etwa tausendmal mehr als Kokain. Ein Schuhkarton voll reinem LSD wäre rund 2,5 Milliarden Dollar wert.

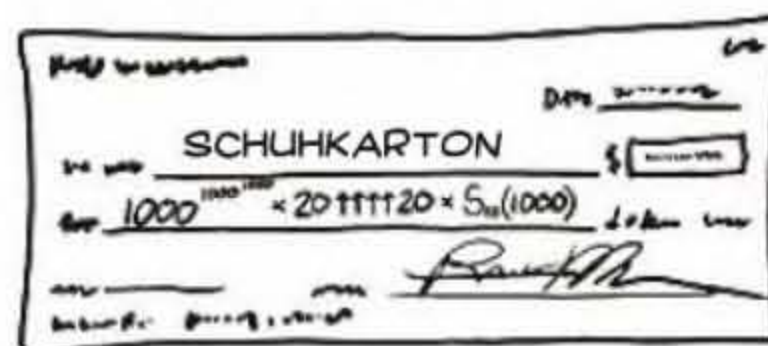
Einige rezeptpflichtige Medikamente können ebenso teuer wie LSD sein. Eine einzige Dosis Bren-

tuximab Vedotin (Adcetris), ein Krebsmedikament, kostet bis zu 13 500 Dollar, wodurch sein Schuh-schachtelwert für einen Durchschnittspatienten im selben Zwei-Milliarden-Dollar-Bereich liegt wie der von LSD, Plutonium und microSD-Karten. Andere Arzneimittel sind sogar noch teurer.

Natürlich steht es Ihnen auch immer noch frei, Schuhe in den Schuhkarton zu packen.



Judy Garlands Schuhe aus »Der Zauberer von Oz« kamen bei einer Auktion für 666 000 Dollar unter den Hammer, und im Unterschied zu allen anderen Dingen, die wir in Betracht gezogen haben, könnten sie tatsächlich einmal in einem Schuhkarton gelegen haben. Wenn Sie den Karton aber wirklich mit einer willkürlich festgelegten Riesensumme Geld füllen wollen, könnten Sie das Finanzministerium der Vereinigten Staaten dazu bringen, Ihnen eine Eine-Billion-Dollar-Platinmünze zu prägen. Und wenn Sie unsere oberste Finanzbehörde dazu bewegen können, irgendeinem unbelebten Gegenstand Wert zu verleihen ...



... dann könnten Sie auch einfach einen Scheck schreiben.

(Übersetzt von Ralf Pannowitsch)

¹ Leider noch keine SI-Einheit.

² Aufgrund meines Suchverlaufs im Internet zum Thema »Straßenverkaufspreise für Drogen« würde ich wahrscheinlich auf allen möglichen Beobachtungslisten der Regierung landen, wenn ich dort nicht wegen all der anderen Dinge, die ich für meine Website xkcd recherchiert habe, sowieso schon längst stünde.

³ Aber Moment mal – wie hoch ist eigentlich die Dichte von Kokain? Natürlich sind die Mitarbeiter vom Straight Dope Message Board dieser Frage bereits nachgegangen. Sie haben das CRC Handbook of Chemistry and Physics sowie den Merck Index konsultiert, dann aber die Waffen gestreckt und beschlossen, dass sie ungefähr bei einem Kilogramm pro Liter liegen müsse – wie bei den meisten organischen Substanzen. Immerhin haben sie etwas über den Siedepunkt von Kokain erfahren und über seine Löslichkeit in Olivenöl.

Im nächsten P.M.:

Wie schnell kann man fliegen, wenn man sich mit einem Heliumballon an einem Ferrari festbindet?



Der neue Munroe

In seinem zweiten Buch »Der Dinge-ERKLÄRER« widmet sich Randall Munroe in 50 Zeichnungen nichts weniger als »dem Bauplan der Welt«; Knaus Verlag, 72 Seiten, 24,99 Euro

AUFBAU DER DECKS



Deck 2



Deck 1



Deck U1



Deck U2 (Tiefgarage)

- Technik und Hospital
- Büroräume
- Wohnräume
- Labore
- Küche, Sanitär
- Aufzug/Treppenhaus

Maße: 68 x 24 m
 Höhe: 29,2 m
 Gewicht: ca. 2300 Tonnen
 Temperatur in den beheizten
 Räumen: 22 °C
 Niedrigste je gemessene
 Außentemperatur: -50 °C

Blockheizkraft-
 werk mit drei
 Generatoren
 liefert Strom
 und Wärme.
 Treibstoff:
 Polardiesel

Füllhalle für
 Wetterballons

Neumayer-Station

AWI
 HELMHOLTZ
 GEMEINSCHAFT

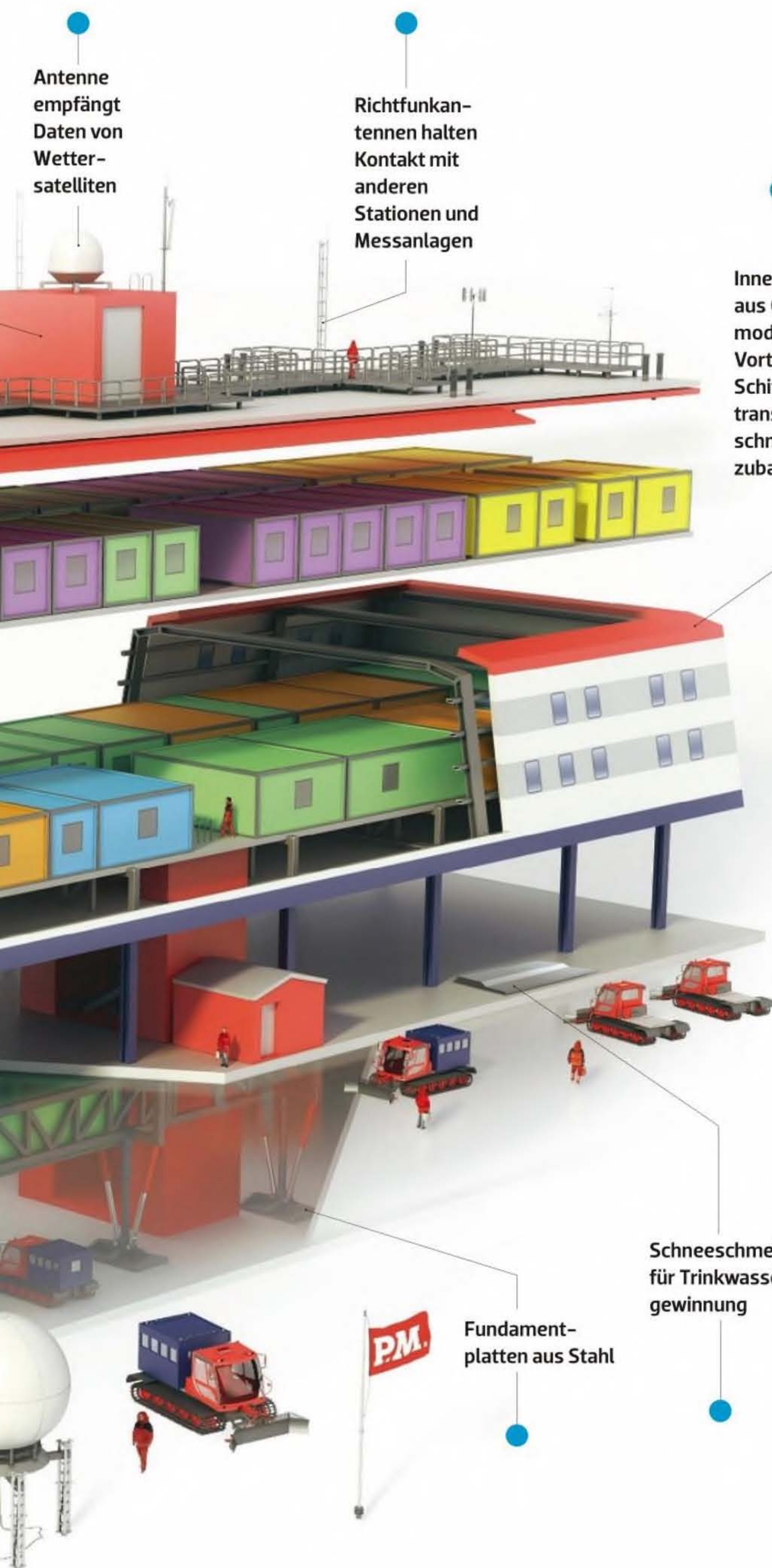
Pistenbully

Verschleißbare
 Zufahrt zur
 Tiefgarage

Außenhülle aus
 wetterfestem
 Stahl und isolie-
 rendem Poly-
 urethanschaum

Hydraulisch
 verstellbare
 Stützen

Satelliten-
 antenne mit
 Schutzhülle



Antenne
empfängt
Daten von
Wetter-
satelliten

Richtfunkan-
tennen halten
Kontakt mit
anderen
Stationen und
Messanlagen

Innenräume
aus Container-
modulen.
Vorteil: gut per
Schiff zu
transportieren,
schnell auf-
zubauen

Fundament-
platten aus Stahl

Schneesmelze
für Trinkwasser-
gewinnung

DER DURCHBLICK



Neumayer- Station III

LABOR IM EIS Im Dezember 2007 lieferte das Schiff »Naja Arctica« ein 3500 Tonnen schweres Puzzle in die Antarktis – Material, Ausrüstung und Maschinen für den Bau der Neumayer-Station III. In der Lieferung enthalten: 13 Tonnen Schrauben, das Stahlgerüst in 130 000 Einzelteilen und 100 Containermodule für die Innenräume. Zwei Sommer dauerte es, die **wichtigste deutsche Forschungsstation in der Antarktis** zusammenzubauen.

Betrieben wird sie vom Alfred-Wege-ner-Institut (AWI) in Bremerhaven. Im Sommer der Südhalbkugel beherbergt die Station mehr als 40 Menschen. Im Winter lebt und arbeitet hier ein Team von neun Personen, das Daten in Eis und Atmosphäre sammelt. Nicht alle Messeinrichtungen liegen direkt in der Station – um etwa zum geomagnetischen Observatorium zu gelangen, müssen die Forscher mehr als einen Kilometer weit gehen.

Die Vorgängerstation Neumayer II war langsam im Neuschnee versunken. Deshalb wurde die neue Station mit hydraulischen Stützen ausgestattet, die sich einzeln anheben lassen, um Schnee unter die Fundamentplatten zu fräsen. So wird der Bau jährlich um bis zu 2,30 Meter in die Höhe gestemmt. Auch horizontal bewegt sich die Station: Sie steht auf 200 Meter dickem schwimmendem Schelfeis, das im Jahr gut 160 Meter gen Abbruchkante fließt.



Die Neumayer-Station auf dem Ekström-Schelfeis. Noch gut 20 Jahre bleibt sie in Betrieb.

3-D-ILLUSTRATION: MAX KULICH; FOTO: AWI



STAR

In **Episode VII – Das Erwachen der Macht** kehren die Sternenkrieger zurück in die Kinos. Regisseur und Erfinder Georg Lucas hat eine faszinierende fremde Welt geschaffen. Wie viel Wirklichkeit steckt in »Star Wars«?
Ein P.M.-Spezial



INHALT

22 ÜBER DEN MYTHOS
28 WER IST WER IN »STAR WARS«? **30** DER FILM ALS
FORTSCHRITTMOTOR **42** DAS BÖSE IN UNS **46** MODERNER
LUFTKAMPF **50** GEORGE LUCAS UND SEINE TRAUMFABRIK

WARS

WIR KOMMEN NACH HAUSE

Warum Menschen Mythen brauchen, Science-Fiction unsere Fantasie anregt und »Star Wars« seit Jahrzehnten Kinder und Erwachsene gleichermaßen bewegt

TEXT: PETER GLASER

FABELHAFT

George Lucas ließ sich durch das Buch »The Hero with a Thousand Faces« beeinflussen. Autor Joseph Campbell vergleicht darin Helden in Mythen und Märchen auf der ganzen Welt.

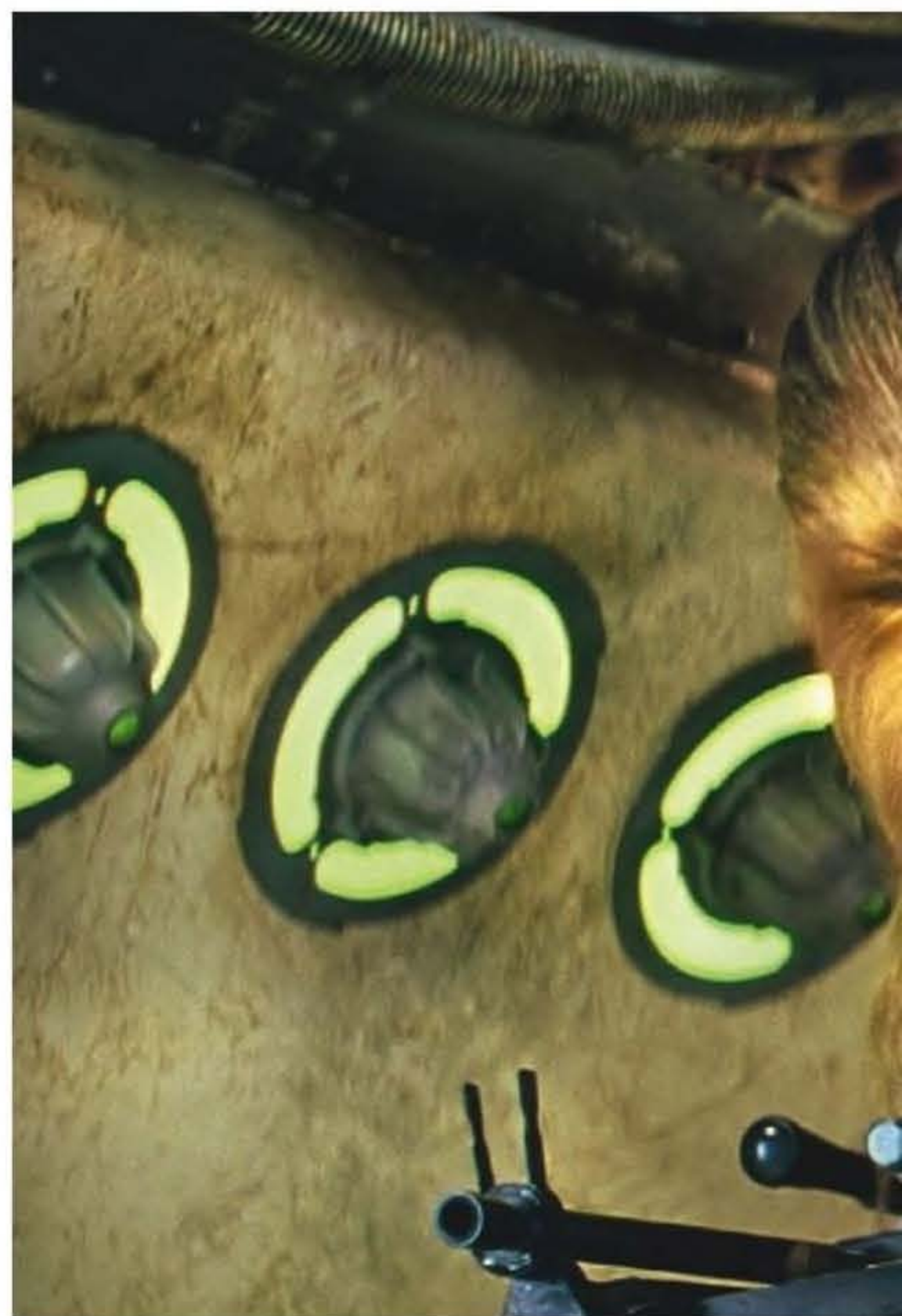
S

tar Wars« ist ein Flug durch unseren eigenen Seelenkosmos. Jeder Mensch ist ein Universum aus Licht und Schatten, erfüllt von Kräften im Widerstreit. Vor den Bildschirmen und im welt- raumtiefen Kinodunkel sehen wir in dem Film, mit verteilten Rollen gespielt, eine einzige Person – uns selbst. Luke Skywalker: der Mut, die gute Absicht. Han Solo, ein leuchtendes Spektrum aus Charakter- farben – Frechheit, Gier, Freundschaft, Cleverness. Da ist Prinzessin Leia, das vornehm Weibliche, dort R2-D2, der robotische Archetyp des Hündchens, und C-3PO, der goldglänzende Anstandswauwau.

Yoda, Obi-Wan und die anderen Jedi sind, wie George Lucas selbst anmerkt, »ein bisschen wie die alten Sheriffs im Wilden Westen«.

Wir leben in einer Welt, in der das Gefühl des großen Abenteuers schwindet, hier aber bekommen wir es wieder zu fassen. Nach einem solchen Film phosphoresziert unsere Fantasie, und wir können eine Größe und Weite genießen, die wir in unserem kleinen Alltag beinahe vergessen hatten. Erwachsene Männer sitzen nun wieder vor ihren Computern, sehen sich die Trailer zur neuesten Episode an und weinen – »Episode VII – Das Erwachen der Macht« weckt das Kind in uns und ruft die Jugend zurück. Zugleich sind es, auch fast vier Jahrzehnte nachdem sich der Vorhang das erste Mal gehoben hat, nach wie vor Heerscharen von Vier- jährigen, die zutiefst fasziniert sind von diesem ultramodernen Märchen und mit einer aufge- rollten Zeitung und selbst gebrummt Sounds ein simuliertes Lichtschwertduell vollführen – selbst wenn die Eltern sich weigern, die Umsätze des milliarden schweren Merchandisings weiter zu erhöhen.

FOTO: © 2015 LUCASFILM LTD. & TM. ALL RIGHTS RESERVED. USED WITH PERMISSION.



»Chewie, we're home«, ruft ein angegrauter Han Solo in einer Vorabszene des neuen Films, und die Erdoberfläche bekommt eine Gänsehaut, denn es wird eine Heimkehr werden: Den pelzigen Wookiee Chewbacca, Solos treuen Gefährten, nennen alle nur Chewie – man ist unter Freunden. Es geht sozusagen mit dem allerneuesten technischen Aufwand zurück in die Zukunft. Wer die komplexe Geschichte von »Star Wars« einmal betreten und sich darauf eingelassen hat, dem geht es wie jemandem, der einen Ort aus einem Traum besucht, an dem er schon oft war.

WIE DER MYTHOS ENTSTAND

Der Film mit dem deutschen Titel »Krieg der Sterne« lief 1977 zeitgleich mit der Computerrevolution an: Im Januar wurde die Firma Apple gegründet, vier Monate später hatte »Star Wars« Premiere. Der Film lieferte die ersten großen Stimmungsbilder zu den neuen Welten, die sich nun aufzutun begannen, Vorahnungen einer hoch technisierten Zukunft – wobei ausgerechnet George Lucas, der wie kein anderer Regisseur technische Innovationen

ins Filmgeschäft brachte (siehe auch Seite 50), alle »Star Wars«-Drehbücher mit Bleistift auf einem linierten Collegeblock schrieb.

Lucas wollte eigentlich Rennfahrer werden, gab aber nach einem Autounfall und ein paar Wochen auf der Intensivstation seinem Interesse am Filmen nach. Dabei kamen ihm alte Streifen in den Sinn, Verfilmungen der US-Comicfigur Flash Gordon, »und dass Kinder sie toller fänden, wenn sie vernünftig umgesetzt würden«. SF-Filme und Western boten seiner Ansicht nach keine neuen Herausforderungen für die kindliche Fantasie. Seine Begeisterung für Abenteuerfilme, die er mit einer jüngeren Kinogeneration teilen wollte, führte dazu, dass er mit einem eigenen Drehbuch anfang.

Gut vier Jahre brauchte George Lucas, um seinen Traum zum Leben zu erwecken: ein draufgängerisches Weltraumepos, wie es noch niemand gesehen hatte, inspiriert von Flash Gordon, klassischen Western und alten Heldensagen. In der Entstehungsphase veränderte sich die Geschichte wieder und wieder, einschließlich eines »Annikin Starkiller«, einer Prinzessin »Leia Aguila« und ►

BIBELFEST

Der Kampf der Rebellion gegen das Imperium erinnert an den Aufstand der ersten Christen gegen die Römer, und dass der Hohe Rat der Jedi zwölf Mitglieder hat, könnte ein Verweis auf die zwölf Apostel in der Bibel sein.



Deutlich gealtert, aber immer noch fester Teil des »Star Wars«-Universums: Harrison Ford als Han Solo in »Episode VII« mit seinem Kumpel Chewbacca



EPISODE I

1999

Obi-Wan Kenobi (l.) und Qui-Gon Jinn (r.) treffen auf Anakin Skywalker, der ein Jedi werden soll.



EPISODE III

2005

Der böse Imperator Palpatine (r.) zieht Anakin auf die dunkle Seite der Macht. So wird aus Anakin Darth Vader.



EPISODE II

2002

Separatisten bekriegen die Jedi, zu denen auch Anakin gehört.



UNIVERSELL

Die übernatürliche Energie mit Namen »Die Macht« (»Möge die Macht mit dir sein«) findet sich in der hinduistischen Vorstellung des Prana, der alles durchdringenden Lebensenergie des Universums.

eines großen, grünhäutigen Monsters ohne Nase, das in einigen Fassungen auf den wohlbekannten Namen Han Solo hörte.

DER MANISCHE GEORGE LUCAS

Die großen Studios fanden die Geschichte zu kompliziert, nur 20th Century Fox ließ sich auf das Projekt ein, denn Lucas hatte bei der Auswahl seiner Mitarbeiter ein goldenes Händchen. Fox kaufte das Drehbuch vor allem, weil Lucas den Konzeptdesigner Ralph McQuarrie angeheuert hatte, der atemberaubende Bilder zu etlichen Szenen malte. Auch Anthony Daniels – der Mann, der den Droiden C-3PO spielt – war ursprünglich nicht an dem Film interessiert. Er ging nur aus Höflichkeit zum Casting, war dann aber so hingerissen von McQuarries Bildern, dass er die Rolle übernahm.

Was aus den »Star Wars«-Filmen eine eigene Realität macht, in die man immer wieder neu eintauchen kann, ist die unglaubliche Liebe zum Detail. »Man kann auf einer ganz einfachen Ebene einsteigen«, sagt Howard Roffman von Lucasfilm. »Aber wer in die Tiefe gehen möchte, sieht: Es ist unend-

lich tief.« Denn Lucas, der Perfektionist, wollte es ganz genau wissen: Für die Entscheidungsschlacht um den Todesstern ließ er die Jungs seiner eigens für den Film gegründeten Trickfilmabteilung Industrial Light & Magic Archivaufnahmen von Luftkämpfen aus dem Zweiten Weltkrieg studieren, ehemalige Kampfpiloten wurden als technische Berater engagiert und Aufzeichnungen des Funkverkehrs während Luftschlachten analysiert, um überzeugende Dialoge hinzukriegen.

Lucas stand zwischendurch derartig unter Strom, dass er eine Zeit lang die Stimme verlor und befürchtete, einen Herzanfall zu erleiden, worauf die Schauspieler ihm zwei Schilder mit seinen Lieblingsanweisungen schenkten: »Schneller!« und »Intensiver!« stand darauf. Immer wieder war er Quelle einer eigenen und Ziel einer fremden, übermächtigen »Macht« – am ersten Drehtag in Tunesien im Frühjahr 1976, wo Luke Skywalkers Heimatdorf auf Tatooine aufgebaut worden war, ging der größte Regenschauer seit 50 Jahren nieder; Tage später zerstörte ein Sandsturm das Set; dann nahm die benachbarte libysche Regierung ein riesiges



EPISODE V

1980

Darth Vader ist Luke Skywalkers Vater. Als Luke dies erfährt, wird der Kampf zwischen Gut und Böse auch zu einem zwischen Vater und Sohn.



EPISODE IV

1977

Luke Skywalker (r.) wird von Obi-Wan Kenobi (l.) zum Jedi ausgebildet. Dass Darth Vader sein Vater ist, weiß er nicht.



EPISODE VI

1983

Es kommt zum finalen Duell zwischen Darth Vader und Luke. Aber am Ende kämpfen beide gemeinsam und besiegen die dunkle Seite.

militärisches Fahrzeug nahe der Grenze ins Visier. Die tunesischen Behörden, denen mit der Verlegung von Truppen gedroht wurde, baten Lucas' Filmcrew, die abgestellte Sandraupe der Jawa etwas weiter entfernt von der Grenze zu parken.

Ein Jedi muss viel Übung aufbringen, um mit der »Macht« so umzugehen, dass sie ihn nicht auf die dunkle Seite zieht – ebenso musste George Lucas lernen, die Kräfte zu handhaben, die ihn über alle Entmutigungen hinweg immer wieder zum Weitermachen bewegten. Als der Film fertiggestellt war, wurde Lucas von einer derartigen Erschöpfungsdepression heimgesucht, dass er, statt die Premiere zu besuchen, mit Steven Spielberg Urlaub auf Hawaii machte (wo sie übrigens gemeinsam die Idee zu »Indiana Jones – Jäger des verlorenen Schatzes« ausarbeiteten). Fox schien nicht viel auf den Film zu geben und zeigte ihn anfangs in Amerika in nicht einmal 40 Kinos. Am Ende erreichte Fox dank »Star Wars« das beste Bilanzergebnis seit Bestehen der Studios. Der Film hatte 13 Millionen Dollar gekostet und spielte nur in den USA mehr als 300 Millionen Dollar ein.

TEUFLISCH

In dem diabolischen Jedi-Gegenspieler Darth Maul ist unschwer Luzifer (im Lateinischen so viel wie »Träger des Lichts«) zu erkennen, ein gefallener Engel, der sich zum Gott aufschwingen wollte.

INSPIRATION ZAHLLOSER JUNGSTRÄUME

Viele »Star Wars«-Fans der ersten Stunde sind heute Eltern und fragen sich, wie sie damit umgehen sollen, wenn ihre Kinder sich im Imperium von »Krieg der Sterne« verlieren. »Sie haben für mich die Archetypen von Gut und Böse festgelegt«, beschreibt der Regisseur Kevin Smith die Wirkung der Ur-Trilogie auf seine Biografie. Er war sechs, als der erste Film lief. Adam Horowitz, Produzent und Autor von »Tron: Legacy«, hat »Star Wars« gesehen, als er fünf war. Nach der Vorstellung wollte er sofort wieder hinein. »Für die Generation, die jetzt um die 40 ist, war »Star Wars« die Einstiegsdroge.«

Lange bevor das World Wide Web mit seiner grenzenlos verlinkten Unendlichkeit Entertainment in eine Art von virtueller Höhlenforschung verwandelt hat, gab es mit dem »Krieg der Sterne« eine Saga, in die man an beliebigen Stellen eintauchen konnte. Es stimmt, Science-Fiction kann romantischer Eskapismus sein. In ihren glanzvollen Momenten aber ist sie der Entwurf einer anderen Wirklichkeit, von der aus wir über uns selbst, im Spiegel des Fremden, nachdenken können. ■



TIE FIGHTER
Raumschiffe des Imperiums, die besonders wendig und feuerstark sind.

TODESSTERN
Gigantische Kampfstation des Imperiums, die in der Lage ist, ganze Planeten zu zerstören.



DAS SYSTEM STAR WARS

Dunkel gegen hell: Wer bekriegt sich? Wer liebt wen? Wer ist mit wem verwandt? Das Organigramm zur Saga

TEXT: HALUKA MAIER-BORST ILLUSTRATIONEN: FILIPE DE CARVALHO

BOBA FETT
Kopfgeldjäger, der sich für keinen Auftrag zu schade ist. Liefert Han Solo an Jabba aus.



JABBA
Han Solo hat bei ihm Schulden. Um endlich das Geld zu bekommen, paktiert Jabba mit dem Imperium.



IMPERATOR
Der Strippenzieher hinter Darth Vader. Er beherrscht die Galaktische Republik.



DARTH VADER
Als Anakin Skywalker noch ein Jedi, wechselt er zur dunklen Seite der Macht und dient dem Imperator.



DARTH MAUL
Gehört zum Orden der Sith, den Gegnern der Jedi – quasi der Vorgänger von Darth Vader.



STURMTRUPPEN
Soldaten des Imperiums. Sie gelten nicht als besonders clever.



STERNENZERSTÖRER
Sehr, sehr große Kommandoschiffe, die als Träger für TIE Fighter und TIE Bomber dienen.



AT-AT
Vierbeiniger Kampftransporter, der auf jedem Terrain besteht. In der Schlacht träge, aber von großer Durchschlagskraft.



Gewinnen Sie ein Leser-Schwert!

DAS IST KEIN DRUCKFEHLER!

Gewinnen Sie mit P.M. eins von zehn elektronischen »Kylo Ren Lichtschwertern« der Firma Hasbro im Wert von je circa 45 Euro! Mit dem Original kämpft in »Episode VII« der neue Bösewicht Kylo Ren. Unser Leser-Schwert gehört vielleicht bald Ihnen.

UNSERE RÄTSELFRAGE: Wie heißt die imperiale Raumstation, die ganze Planeten zerstören kann? Die Antwort finden Sie in diesem Heft. Schicken Sie sie bis zum 15. Januar 2016 an uns unter www.pm-magazin.de/sterne

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Mitarbeiter von Gruner+Jahr und deren Angehörige sind von der Teilnahme ausgeschlossen.

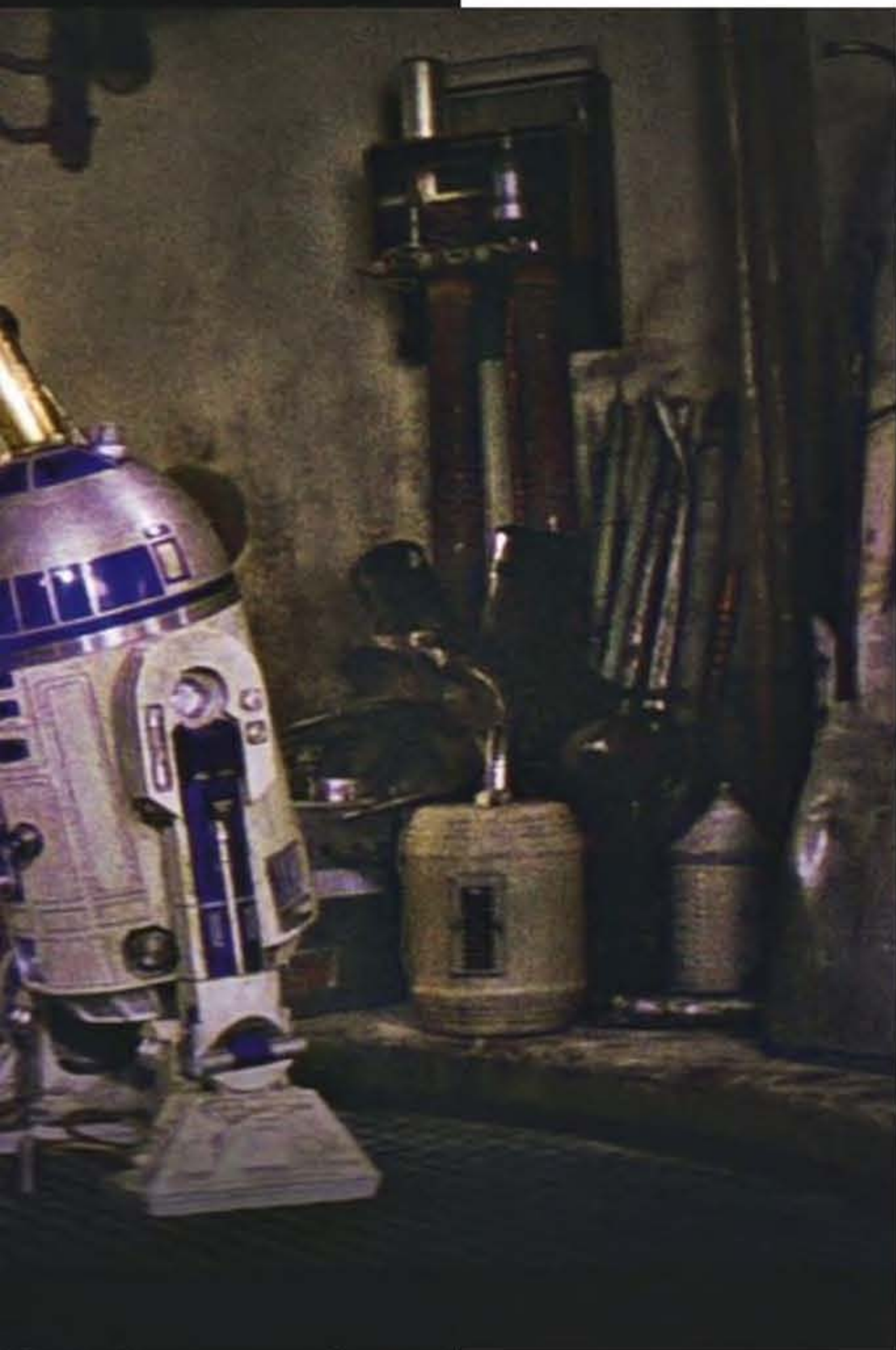


Roboter R2-D2 (rechts) projiziert ein Hologramm von Prinzessin Leia – ihr Hilferuf erreicht Luke Skywalker (links, mit dem Droiden C-3PO).

WENN TECHNIK NACH DEN **STERNEN GREIFT**

Sie sind die heimlichen Stars der Saga: Lichtschwerter, 3-D-Holografien, Hyperraum-Antriebe. Aus welcher Erfindung ist Wirklichkeit geworden? Die verblüffendsten Technologien aus »Star Wars« im Realitäts-Check

TEXT: JAN BERNDORFF



FILM: Im ersten »Star Wars«-Film (1977) verschickt Prinzessin Leia per 3-D-Hologramm einen Hilferuf. Roboter R2-D2 speichert und projiziert eine dreidimensionale Videoaufnahme der Prinzessin. 1977 war eine solche Technik reine Fiktion. Heute herrscht ein Wettlauf darum, wer sie als Erster zur Marktreife bringt.

WIRKLICHKEIT: Was unterscheidet eine plastisch anmutende Projektion von einem Hologramm? Die Projektion benötigt ein Medium, über das sie den dreidimensionalen Eindruck in das Auge des Betrachters zurückwirft. Ein Hologramm dagegen steht als plastische Lichtsäule wirklich im Raum.

Beispiele: Eine plastisch anmutende Projektion war etwa 2008 beim US-Nachrichtensender CNN zu sehen. Im Zuge der Berichterstattung über die US-Präsidentenwahlen erschien Reporterin Jessica Yellin aus dem über 1000 Kilometer entfernten Chicago im New Yorker Studio des Senders und

1. HOLOGRAFIE

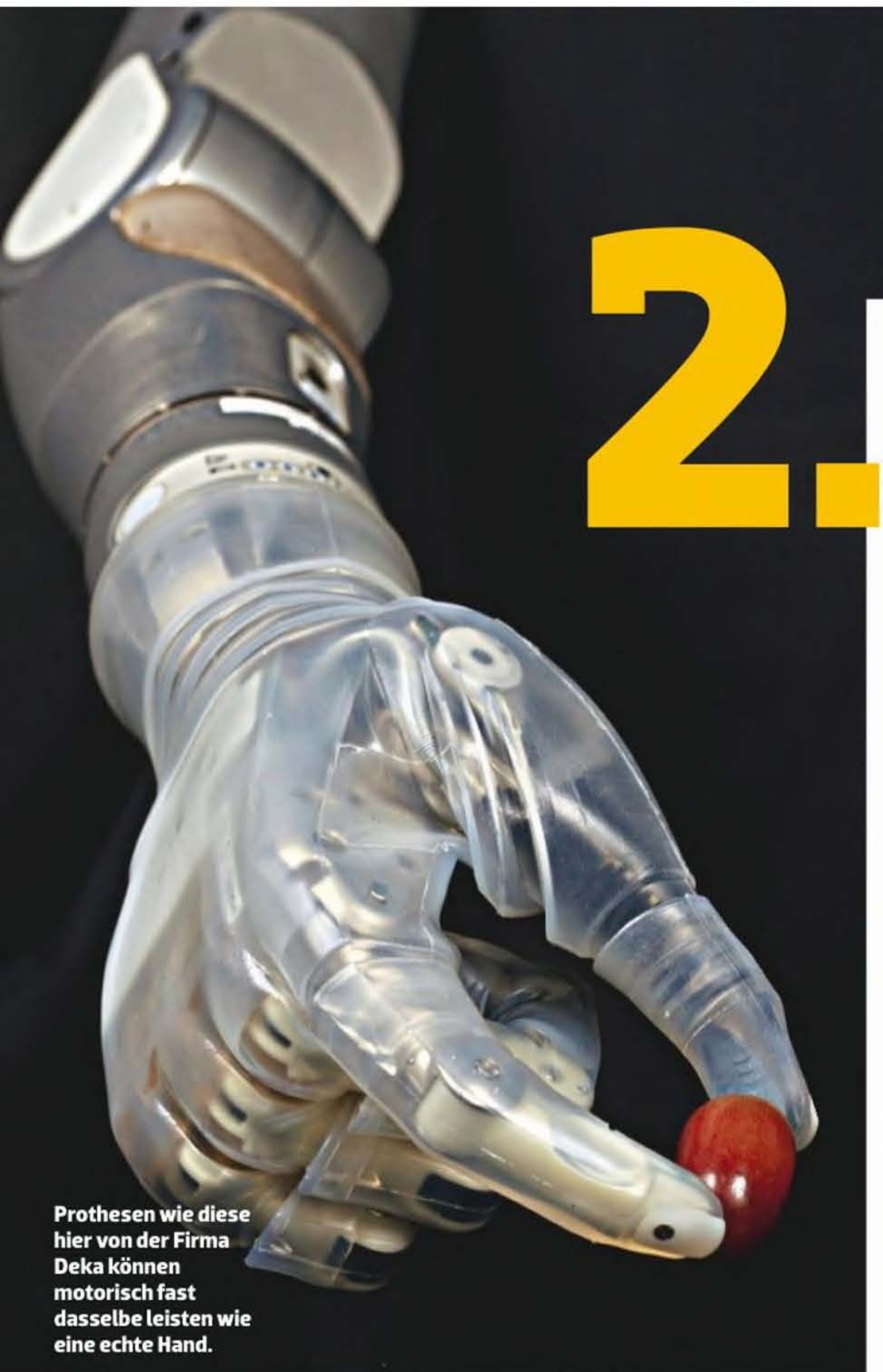


Billboard Music Awards 2014: Der verstorbene Michael Jackson wurde damals auf die Bühne projiziert – ein Hologramm war es aber nicht.

erstattete Moderator Wolf Blitzer Bericht – als stünde sie im Raum. Der Trick: 30 hochauflösende Kameras in einem grün gefärbten Raum fingen sie von allen Seiten ein und projizierten sie ins Fernsehbild. Blitzer selbst konnte Yellin nur auf einem Monitor sehen. Letztlich war dies eine Fortentwicklung der Blue-Screen-Technik. Auch die Technologie, die den verstorbenen Michael Jackson bei den Billboard Music Awards 2014 auf die Bühne holte, war kein Hologramm. Es handelte sich um einen Projektionstrick mit Spiegeln und transparenten Scheiben.

Die Entwicklung von Hologrammen treiben mehrere Labors voran: Kanadische Forscher um Roel Vertegaal von der Queen's University in Ontario haben eine zwei Meter hohe Säule für Videotelefonie entwickelt und sie »TeleHuman« genannt. Mithilfe von Kameras und Spiegeln wird dabei der Gesprächspartner lebensgroß, live und dreidimensional in die durchsichtige Säule projiziert. Nasser Peyghambarian, Professor für Optische Wissenschaften an der University of Arizona, arbeitet daran, aus mehreren Winkeln aufgenommene Bilder einer Person per Laser auf einen fotosensiblen Kunststoffkubus zu übertragen – dort löst sich die Form der Skulptur gleich wieder auf, wird aber durch das neue Bild eines Lasers gleich wieder aufgebaut. So entsteht ein Film. Peyghambarian will eine Frequenz von 30 Bildern pro Sekunde erreichen – ganz wie im echten Film.

Microsoft hat einen Projektor namens »Vermeer« entwickelt, der mit Laserlicht und Spiegeltechnik Figuren in eine Art Käseglocke projiziert. Tippt der Zuschauer mit dem Finger drauf, beginnt die Figur, sich zu bewegen. Die Entwickler zielen damit vor allem auf künftige Videospiele ab. Auch Sony, Samsung und andere Hersteller arbeiten an 3-D-Bildern, die man ohne Brille betrachten kann. Apple will demnächst sein iPhone mit holografisch wirkenden Displays ausstatten. Und ein von den Hewlett-Packard-Laboratorien in den USA gegründetes Start-up will ein solches Display in diesen Tagen auf den Markt bringen. Der Name der Firma: »Leia«.



Prothesen wie diese hier von der Firma Deka können motorisch fast dasselbe leisten wie eine echte Hand.

2. PROTHESEN

FILM: Als Darth Vader Luke Skywalker in einem Lichtschwertkampf den Arm abschlägt, ist das in der Welt von »Star Wars« medizinisch kein Problem: Luke bekommt eine Robotik-Armprothese, die dem echten Arm in nichts nachsteht.

WIRKLICHKEIT: Die moderne Prothetik kommt echten Gliedmaßen immer näher. US-Ingenieure haben das Deka Arm System entwickelt. Sie nennen es »Luke Arm«. Mit den Muskeln in ihren Armstümpfen können die Träger jeden Finger einzeln bewegen und die Hand beugen und drehen. Auch der Händedruck lässt sich dosieren. Und anders als mit den meisten anderen Prothesen kann man Pappbecher halten, Schlüssel benutzen, Essen kochen und Reißverschlüsse schließen. 2014 ist der »Luke Arm« von den US-Behörden zugelassen worden. Demnächst sollen Prothesen sogar durch Gedanken gesteuert werden können (siehe auch P.M. 12/2015). Dabei helfen sogenannte Gehirn-Computer-Schnittstellen, wie bei der querschnittsgelähmten US-Amerikanerin Jan Scheuermann, deren Kopf Mediziner über eine solche Schnittstelle mit einem Roboterarm verbunden haben. Implantierte Elektroden tasten die Nervensignale des Gehirns ab, während Scheuermann denkt. Der Computer übersetzt sie in Bewegungen des Roboterarms. Scheuermann lernte rasch, mit bestimmten Gedanken ihren neuen Arm zu steuern und etwa Schokolade zum Mund zu führen.



Luke Skywalker wird von seinem Vater Darth Vader der Unterarm abgeschlagen (links), er bekommt aber bald danach eine (Film-) Prothese. Sie ist heute im San Jose Tech Museum zu betrachten.

Roboter wie der »ASIMO« der Firma Honda (rechts) können unfallfrei laufen, Treppen erklimmen oder sogar sprinten.



Menschliche Eigenschaften und Gefühle haben bislang aber nur R2-D2 und C-3PO.

FILM: Roboter sind die Sympathieträger der Saga, wie der mutige und technisch versierte R2-D2 und der ewig zaudernde C-3PO. Sie haben nicht nur äußerlich, sondern auch geistig menschliche Züge und waren Ende der 70er-Jahre der echten Robotik weit voraus.

WIRKLICHKEIT: Die Astrophysikerin Jeanne Cavelos hat sich in ihrem Buch »The Science of Star Wars« mit der Realitätsnähe der Filmreihe auseinandergesetzt. Sie sagt: »Der wesentliche Unterschied ist, dass es Robotern heutzutage nach wie vor an Emotionen mangelt.« Es gebe keine heroischen Roboter wie R2-D2, die Risiken eingehen, oder schreckhafte Roboter wie C-3PO. Darum sind Maschinen heute zwar viel schneller im Rechnen und Beurteilen komplexer Problemstellungen als Menschen. Aber in unvorhergesehenen Situationen autark und sinnvoll zu handeln fällt ihnen noch immer schwer. Zumindest aber brachten Ingenieure ihnen in jahrzehntelanger Entwicklungsarbeit bei, auf zwei Beinen zu gehen und Sprache zu verstehen: Die humanoiden japanischen Roboter wie »ASIMO« und »Kotaro« bewegen sich menschenähnlich. Und der Robot-Butler »Wakamaru« fährt zwar auf Rädern, beherrscht dafür aber verschiedene Sprachen und hilft im Haushalt – ähnlich wie C-3PO.

Das US-Militär will humanoide Roboter wie das Modell »Atlas« der Firma Boston Dynamics dort einsetzen, wo Soldaten aufgrund chemischer Verseuchung nicht hingelangen können und wo das Terrain für fahrende Roboter zu unruhig ist. Sie sollen vor allem Rettungsmissionen ausführen (siehe auch P.M. 12/2015). In Kriegen dagegen sollen neben Drohnen fahrende Roboter zum Einsatz kommen wie der »Talon SWORDS« des US-Herstellers Qinetiq. Dieses Modell verfügt über ein Maschinengewehr und war schon im Irak stationiert. Allerdings war es nie in ein echtes Gefecht verwickelt. Auch ein anderer Roboter des US-Militärs wartet noch auf den Praxistest. »Big Dog« ist eine vierbeinige Maschine, die durch schweres Gelände läuft und wie ein Packesel bis zu vier Zentner Material schleppen kann. Menschenähnlich sind solche Militärroboter aber nicht.

Zivile Roboter gleichen uns derweil immer mehr: In 20 bis 50 Jahren würden sie zunehmend aus ähnlichen biologischen Materialien gebaut, aus denen auch der Mensch besteht, schreibt der australische Robotiker und Kognitionswissenschaftler Rodney Brooks in dem Buch »Star Wars – Where Science meets Imagination«. Er sagt: »Gefühle entstehen durch Interaktion von Biomolekülen.« Irgendwann, meint Brooks, würden wir Maschinen bauen können, die wie wir Gefühle und ein Bewusstsein haben.

Der von Boeing entwickelte »High Energy Laser« soll Drohnen abschießen.



4 ■ LASERWAFFEN

FILM: Blaue, gelbe, rote Lichtblitze schießen durch den Weltraum, Explosionen allerorten, Raumschiffe geraten ins Trudeln – eine echte »Star Wars«-Schlacht ohne Laserwaffen ist nicht denkbar. Tatsächlich könnten Laserwaffen bald in realen militärischen Auseinandersetzungen eingesetzt werden. Allerdings sieht das weniger spektakulär aus als im Film.

WIRKLICHKEIT: Echte Laserkanonen zischen nicht, und ihre Ziele explodieren nicht zwangsläufig. Abgesehen vom Lichtpunkt am Zielobjekt ist Laserlicht bei klarer Luft unsichtbar. Außerdem geschieht der Abschuss geräuschlos und ergibt einen durchgehenden konzentrierten Strahl, der mit Lichtgeschwindigkeit beim Opfer eintrifft – also sofort und nicht wie im Film erst deutlich später und gepulst.

Der Laser erzeugt beim Auftreffen Hitze. Je mehr Energie er hat, desto stärker ist der Einschlag. Im zweistelligen Kilowattbereich schmilzt er binnen Sekunden Metall und lässt Elektronik durchschmoren. Das Zielobjekt explodiert aber nur, wenn sein Tank oder der Sprengstoff Feuer fängt.

Wie so oft ist das US-Militär besonders weit mit der Entwicklung innovativer Technologien: So hat man beispielsweise die Laserkanone HEL MD (High Energy Laser Mobile Demonstrator) entwickelt. Sie befindet sich zwar im Teststadium. »Doch Laserwaffen sind keine Science-Fiction mehr«, sagt Kurt Warden, Software-Chefentwickler des US-Rüstungskonzerns Boeing, der HEL MD für das Pentagon gebaut hat. Das Gerät sei bereit zum Einsatz.

Das US-Militär tüftelt schon eine ganze Weile an Laserwaffen. Bereits im Jahr 1983 – nur wenige Jahre nach der Filmpremiere von »Star Wars« – investierte der republikanische US-Präsident Ronald Reagan

Milliarden US-Dollar in die Entwicklung eines Raketenabwehrschirms (Strategic Defense Initiative, SDI). Es sah die Stationierung von atomgetriebenen Röntgenlasern auf Satelliten im Erdorbit vor. Inmitten des Kalten Krieges sollte der Abwehrschirm die USA gegen mögliche Interkontinentalraketen aus der Sowjetunion schützen. In Anlehnung an den 1977 erstmals gezeigten Science-Fiction-Film wurde Reagans Aufrüstungsprogramm tatsächlich dann auch »Star Wars« genannt. Nach jahrelanger Arbeit mottete die Regierung das Projekt damals als unrealisierbar wieder ein.

Inzwischen wagt das US-Militär einen neuen Vorstoß. Allerdings sollen die Laser nicht im All zum Einsatz kommen, sondern zu Lande, zu Wasser und in der Luft: Die U.S. Navy berichtete Ende letzten Jahres von Tests mit einem dem HEL MD recht ähnlichen Feststofflaser namens LaWS auf dem Kriegsschiff »USS Ponce«, das zurzeit im Persischen Golf kreuzt. Die Ingenieure schossen auf ein unbemanntes Boot in knapp zwei Kilometern Entfernung. Einmal mit dem 30-Kilowatt-Laser anvisiert, ging das Boot binnen Sekunden in Flammen auf. »Ein Schuss mit dem Zehn-Kilowatt-Laser Hel MD kostet nicht einmal zehn US-Dollar«, sagt David DeYoung, Leiter der Abteilung für Lasersysteme bei Boeing. Eine preisgünstige Rakete dagegen, die denselben Zweck erfüllt, kostet 100 000 Dollar. 2016 oder 2017, so US-Militärs, werden die neuen Laserwaffen der Navy und der Army wohl erstmals eingesetzt.

Auch die Europäer arbeiten derweil an sogenannten Silent Killers, wie Laserwaffen auch genannt werden. Der deutsche Zweig des europäischen Rüstungskonzerns MBDA in Schrobenhausen hat ein 40-Kilowatt-System zur Abwehr von Raketen, Mörsern und Granaten entwickelt. Nicht zuletzt,





TIE Fighter im
Lasergefecht mit
dem Millennium
Falken von Han Solo.

um Kollateralschäden auszuschließen: Laser trafen nicht versehentlich andere Objekte oder Personen, sagt Markus Martinstetter, Mitarbeiter der Abteilung für »Zukünftige Systeme«. »Es geht keine Gefahr von Munitionssplintern aus, und wir starten die Bestrahlung erst, wenn der Laserzielpunkt genau auf dem gewünschten Objekt steht.« 80 Millionen Euro hat die Bundesregierung laut einem Bericht der ARD in den letzten Jahren in die Entwicklung von Laserwaffen gesteckt. In wenigen Jahren wollen Rüstungskonzerne wie MBDA und Rheinmetall die ersten einsatzbereiten Systeme übergeben.

Solange sich Laserwaffen allerdings noch nicht im Kampf bewiesen haben, bleiben Experten skeptisch: »Die meisten Hochenergie-Laser versagen

nach wie vor, weil es sehr schwer ist, beides – viel Kraft und gute Fokussierung des Strahls – zu erreichen, ohne dass das Gerät zu groß wird«, sagt der Laserexperte Subrata Ghoshroy vom Massachusetts Institute of Technology in den USA. Das ist letztlich auch der Grund, warum es noch keine waffenfähigen Lasergewehre gibt. Internetvideos von Tests mit solchen Gewehren zeigen, dass sie allenfalls gut dafür sind, einen Luftballon zum Platzen zu bringen – und das auch erst nach mehreren Sekunden. Handlaserwaffen taugen daher bislang höchstens zum Blenden des Gegners. Sie sind zu schwach. Und: Nur bei klarer Luft entfalten sie ihre volle Wirkung. Bei Nebel dagegen wird der Lichtstrahl stark gestreut und verliert bis zum Ziel viel Energie.

5.

FILM: Wer an »Star Wars« denkt, dem fällt als Erstes die Lieblingswaffe der Jedi ein, das Laser- oder Lichtschwert. Es ist die wohl berühmteste Erfindung von George Lucas. Über den Status als Spielzeug wird sie aber wohl nie hinauskommen.

WIRKLICHKEIT: Laser können keine Strahlen bilden, die anderthalb Meter vom Griff entfernt enden. Sie lassen sich auch nicht gegeneinanderschmettern, sondern sind durchlässig. Die Astrophysikerin und »Star Wars«-Expertin Jeanne Cavelos tippt daher, dass die Idee der Lichtschwerter im Film eher auf Plasma basiert, also auf einem Gasgemisch aus geladenen Teilchen, wie man sie auch aus Plasmalampen kennt. Solch ein Schwert würde ein anderes tatsächlich abstoßen können und auch Metall oder Knochen seitlich durchschneiden. »Allerdings würden sie auch eine unerträgliche Hitze ausstrahlen und jeden Jedi in Flammen aufgehen lassen«, sagt die Wissenschaftlerin. Und: Die notwendige Apparatur zur Erzeugung eines solchen Plasmas könnte kaum in einen kleinen Schwertgriff passen.



Laserschwerter werden wohl auf ewig nur etwas für Science-Fiction-Filme und kleine grüne Jedi-Ritter wie Joda bleiben.



Schweben mit einem Hoverboard: bislang nur in einem begrenzten Umkreis möglich

6 SCHWEBENDE FAHRZEUGE



FILM: Luke Skywalkers Landspeeder, der Podracer (Foto links) und die meisten anderen Überlandfahrzeuge in »Star Wars« schweben elegant, als sei dies das Normalste der Welt. Ist es aber nicht – und wird es wohl auch nie werden.

WIRKLICHKEIT: Es gibt zwar bereits schwebende Autos und Motorräder, wie etwa den »Moller M200«, den ein kanadischer Tüftler namens Paul Moller vor 25 Jahren erprobte und heute serienmäßig baut. Doch solche Gefährte haben starke Propellerantriebe, die Luft gegen den Boden pressen. Magnetschwebbahnen wie der Transrapid oder das Hoverboard »Hendo«, das kalifornische Bastler entwickelt haben, basieren auf starken Magnetfeldern, die nur räumlich begrenzt erzeugt werden können.

Die Fahrzeuge in »Star Wars« aber schweben angeblich per Anti-Schwerkraft-Antrieb. Und wie das funktionieren soll, ist Forschern schleierhaft: »Zurzeit ist keine Methode bekannt, die den sogenannten »Repulsionseffekt« des Landspeeders erzeugen könnte«, sagt NASA-Ingenieur Marc Millis. Die Idee, die Gravitation aufzuheben, spreche gegen alles, was wir über Physik wissen.

STAR WARS™ BAU DEN MILLENNIUM FALCON

BAU DAS ORIGINAL- MODELL DES **MILLENNIUM FALCON** UND ENTDECKE SEINE GEHEIMNISSE!

Bei diesem ultimativen Modell handelt es sich um eine offizielle, maßstabsgetreue Nachbildung des *Falcon* aus Episode V *Das Imperium schlägt zurück* mit sämtlichen Details aus dem Film.

Jede Ausgabe beinhaltet neben dem informativen Magazin hochwertige Bauteile aus Gussmetall und Kunstharz, die sich ohne Verwendung von Klebstoff leicht zusammenfügen lassen.



Das ultimative Sammelwerk kann ab sofort unter www.millenniumfalcon-modell.de vorbestellt werden. Die Auslieferung erfolgt frühestens zum offiziellen Launch-Termin am 04.01.2016.

ORIGINAL-
FILMREPLIK
IM MASSSTAB
1:1

Jetzt **Ausgabe 1** vorbestellen
UND **1 von 5 Millennium
Falcon-Farbsets** sichern!

Aktionscode: **pmmagazin**



NEU!
zum Kennenlernpreis
NUR €3,99

www.millenniumfalcon-modell.de

ECHTE BELEUCHTUNG



Leuchtende Motoren und
Frontscheinwerfer

IM COCKPIT



Detailliertes Cockpit mit
Beleuchtungsfunktion

BEWEGLICHE TEILE



Bewegliche Kanonen,
Sensorschüsseln & Laderampe

INNENRAUMDETAILS



Besatzungs- und
Frachträume

Teilnahmebedingungen: Bei Abschluss eines Abonnements der Sammlung Bau den Star Wars Millennium Falcon bis zum 02.01.2016 nehmen Sie bei Eingabe des Aktionscodes kostenlos an der Verlosung von fünf Farbsets teil. Es handelt sich um ein Gewinnspiel; die Gewinner werden am 22.01.2016 per Los ermittelt und per E-Mail benachrichtigt. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

D'AGOSTINI
MODEL SPACE™

Disney

LUCASFILM

7. DAS HEAD-UP- DISPLAY

FILM: Als Luke Skywalker mit seinem X-Wing Fighter durch einen Graben des Todessterns rast, um die monströse Raumstation des Feindes zu zerstören, klappt er sein Head-up-Display zur Seite. Was normalerweise beim Navigieren und Schießen helfen soll, braucht ein Jedi nicht: Er verlässt sich auf »die Macht«, eine metaphysische Geisteskraft, die ihn leitet.

WIRKLICHKEIT: Solche Head-up-Displays, also auf Kopfhöhe in die Windschutzscheibe projizierte Informationen, waren bereits in der Wirklichkeit angekommen, als George Lucas seine ersten Episoden der »Star Wars«-Reihe drehte: Schon in den 40er-Jahren vertrauten Kampfpiloten auf bequeme Anzeigen im Sichtfeld, um sich besser auf ihr Ziel konzentrieren zu können.

Seit rund zehn Jahren findet man derartige Displays auch in Autos. Derzeit arbeiten Ingenieure daran, Displays mit »Augmented Reality« (»erweiterte Wahrnehmung der Realität«) zu bauen: Informationen des Navigationssystems könnten bald in die Windschutzscheibe projiziert werden. So müsste der Fahrer seinen Blick nicht mehr von der Straße lösen. »In Zukunft«, sagt Enno Pigge vom Automobilzulieferer Continental, »werden Autos ohne Head-up-Display die Ausnahme sein.«

»Star Wars«-Pilot Poe Dameron mit Displayhelm (links). Anzeige in der Frontscheibe einer Royal Air Force C-130J Hercules



Solche Militärfahrzeuge kann der Magnet-schild von BAE schützen. Im Film schirmt ein Kraftfeld Han Solos Raumschiff ab.



8. DER KRAFT- FELDSCHILD

FILM: Fast jedes Raumschiff in »Star Wars« verfügt über einen sogenannten »Deflektorschild«, ein Kraftfeld, an dem die Geschosse des Gegners abprallen – zumindest so lange, bis es seine Energie verliert.

WIRKLICHKEIT: Solche Schilde sind vom britischen Rüstungshersteller BAE Systems tatsächlich entwickelt worden, allerdings für gepanzerte Bodenfahrzeuge. Im Jahr 2005 wurden die ersten Modelle im Irak und in Afghanistan eingesetzt: Sensoren registrieren, wenn etwa eine Granate im Anflug ist – auf der Außenhaut installierte Metallplatten mit integrierten Superkondensatoren bauen im nächsten Moment ein starkes Magnetfeld auf, an dem die Geschosse abprallen oder zerschellen. »So ein Schutzschild wiegt einen Bruchteil der Panzerung, die notwendig wäre, um den gleichen Geschossen zu widerstehen«, sagt Bryn James, Leiter der Abteilung Schutzschildtechnologie am britischen Defense Science and Technology Laboratory. Und: Selbst Panzerfaustprojekte kann er abwehren.

INTERSTELLARES REISEN



FILM: Wenn Kapitän Han Solo und sein haariger Kopilot Chewbacca das nächste Sternensystem ansteuern, erreicht ihr Millennium Falke andert-halb-fache Lichtgeschwindigkeit. Er gilt als das schnellste Raumschiff der Galaxis.

WIRKLICHKEIT: Leider ist ausgerechnet das interstellare Reisen am unrealistischsten. Der US-Astrophysiker Lawrence Krauss sagt: »Wir werden nie auf Rundreisen zu fernen Sternen und Galaxien gehen – die Menge an Treibstoff, die es braucht, um ein Raumschiff auf Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen, ist unfassbar groß.« Der NASA-Raumfahrtingenieur Marc Millis hat es durchgerechnet: Ein Space Shuttle mit herkömmlichem chemischen Antrieb hätte für die Reise zum nächsten Nachbarn der Sonne – Proxima Centauri in 4,3

Lichtjahren Entfernung – mehr Treibstoff gebraucht, als es im gesamten sichtbaren Universum überhaupt an Materie gibt, sofern man binnen 1000 Jahren ankommen möchte. Doch damit nicht genug: Für die Reise zu anderen Sternen ist Lichtgeschwindigkeit nicht besonders schnell – schon bis zum nächsten Stern braucht das Licht über vier Jahre, bis zum Rand unserer Galaxis sind es zigtausend.

Für die Reise zu anderen Sternen bräuchte es einen fundamentalen Durchbruch in der Physik, der es möglich machte, Wurmlöcher, also Tunnel im Universum, zu erzeugen oder die Raumzeit anderweitig zu verzerren. Auf solchen Effekten basiert wohl auch der Hyperraum-Antrieb in »Star Wars«. Doch die Energien, die zur Erzeugung solcher Effekte benötigt würden, liegen nach jetzigem Wissensstand fern jeder Realität.

Von einem Sternensystem zum nächsten fliegen: Das würde Han Solo (Harrison Ford, links) und Chewbacca in Wirklichkeit eine Menge Sprit kosten.

9.

10.



FILM: Als die Stormtroopers zu Beginn des ersten Teils von »Star Wars« Prinzessin Leia finden, schalten sie ihre Laserpistolen auf Betäubung und nehmen sie gefangen.

WIRKLICHKEIT: Betäubungswaffen sind heute schon im Einsatz, wenn Polizisten Störenfriede ausschalten, aber nicht verletzen wollen. Üblich sind dabei sogenannte Taser, die ihr Opfer mit Elektroschocks betäuben können. Das funktioniert auch auf mehrere Meter Entfernung: Der Taser schießt zwei oder vier Projektile, die über Drähte mit der Waffe verbunden sind, auf die Person und jagt auf diese Weise Strom durch den Körper des Opfers. Ingenieure haben für die Forschungsabteilung des US-Verteidigungsministeriums DARPA Taser entwickelt, die auch ohne Drähte auskommen und mehrere Menschen auf einmal betäuben können: Sie schießen Ultraviolett-Laserstrahlen voraus, die Luftmoleküle in einem engen Kanal zwischen Waffe und Zielperson aufbrechen. Dann kann ein Stromstoß durch die elektrisch geladene Luft die Opfer betäuben.

Elektrische Taser können heute ähnlich betäubende Wirkung entfalten wie die Laser im Film.

DER BETÄUBUNGS-LASER



Für seinen achtjährigen Sohn ist Autor Jan Berndorff seit den Recherchen der GröÙte: Papa weiß nun mehr über »Star Wars« als alle Freunde.



Zukunft unter den Weihnachtsbaum: Verschenken Sie 12 Ausgaben P.M.!



Das neue P.M. mit allen Vorteilen im Abo lesen:

- ✓ 12 x Lieferung frei Haus
 - ✓ Geschenk zur Wahl
 - ✓ Gratisheft bei Bankeinzug
 - ✓ Auch zum Verschenken
-

Unsere Welt verändert sich täglich. Bleiben Sie auf dem Laufenden! P.M. zeigt Ihnen die neuesten Entwicklungen und Technologien. Wissenschaftlich fundiert und unterhaltsam präsentiert.

P.M.

Neugierig auf morgen.

+ Geschenk
zur Wahl!



1 | Amazon.de-Gutschein

- Für die nächste Online-Shopping-Tour
- Riesige Auswahl an Büchern, DVDs, CDs u.v.m.
- Wert: 10 €

2 | P.M.-Räselpaket (5-tlg.)

- Kniffliger und spannender Denksport in Hülle und Fülle
- Zahlen-, Wort- und Logikrätsel

3 | Asia-Messerset (3-tlg.)

- Rostfreie Kochmesser
- Ideal für Gemüse und Sushi
- Gehärtete Edelstahlklingen

Jetzt online bestellen und noch größere Geschenkauswahl entdecken:

www.pm-magazin.de/bestellen

Oder telefonisch unter +49 (0)40 5555 89 80

Bitte die Bestell-Nr. angeben.

Selbst lesen: 141 4585

Verschenken: 141 4586

Als Student lesen: 141 4587

(Studenten erhalten aufgrund der hohen Ersparnis kein Geschenk.)



DER FEIND DES GUTEN

Attentate und Massaker lösen in der Realität Entsetzen aus – das Böse in Film, Literatur und Kunst aber eine Form der Erregung. Hier genießen wir die Angstlust, weil uns nichts passieren kann. Warum zum Teufel suchen wir diesen Thrill?

TEXT: MARTIN TZSCHASCHEL ILLUSTRATIONEN: DARIO COELHO & ADRIAN WILKINS



Aus dem Dunkel: Darth Vader, der Teufel, der Joker (Gegenspieler von Batman), Hannibal Lecter und der böse Wolf



Der kleine Gabriel weint. Zitternd sucht er Schutz hinter einem Sessel. Er ist vor seinem Vater geflohen, der ihn mit kreischender Stimme verfolgt hat: »Ich bin die böse Hexe! Ich fresse kleine Kinder!« Die Tränen des Dreijährigen sind noch nicht getrocknet, als er hinter dem Sessel hervorkriecht. Mit leiser Stimme fleht er: »Noch mal!«

Angstlust heißt dieser emotionale Wechsel zwischen Furcht und Nervenkitzel, den nicht nur Kinder lieben. Während sie sich lustvoll vor der bösen Hexe oder einem finsternen Räuber fürchten, erschauern Erwachsene vor Thrillern und Horrorfilmen – oder Darth Vaders metallischem Atem in »Star Wars«.

Wir lieben eigentlich das Schöne, wollen das Gute und sehnen uns nach einer Welt, in der das Böse keine Chance hat. Warum lockt es uns dann?

Das Bedürfnis, lustvoll zu erschauern, steckt nicht von Geburt an in uns. Babys wollen Liebe, keinen Schrecken. Doch Wissenschaftler sagen: Das Böse ist ein Teil der menschlichen Natur. Es steckt in jedem von uns: Mit etwa drei Jahren ver-

lieren wir unsere Unschuld und erkennen, dass es im Leben nicht nur das Gute gibt. An die Stelle der familiären Geborgenheit treten jetzt immer häufiger »Peer-groups«, soziale Gruppen von Gleichaltrigen, mit ihren neuartigen Herausforderungen. Sie können Ängste auslösen.

Kinder müssen lernen, mit der Angst umzugehen. »Dafür ist es zweckmäßig, sich den angstauslösenden Situationen auszusetzen«, sagt der Evolutionspsychologe Harald Euler. Das geschieht am besten in der Fantasie und im Spiel, zum Beispiel durch das Anhören von Märchen, durch Kämpfe oder waghalsige Verfolgungsjagden. Dabei treffen »gute« und »böse« Menschen aufeinander – das ist eine Vorbereitung auf die Konfrontationen des Lebens.

Als Erwachsene spielen wir dieses Spiel zwar nicht mehr aktiv mit, aber wir nehmen weiter-

Das Böse ist ein Teil der menschlichen Natur – es steckt in jedem von uns.

hin gern daran teil, indem wir ihm auf der Leinwand oder Bühne zusehen. Das sei ein Relikt aus Urzeiten, meint Harald Euler. Er sagt: »In uns allen steckt noch die Steinzeit.«

Wer damals im Krieg gegen fremde Stämme mutig und erfolgreich war, kehrte als strah-



Film-Bösewicht im Jahr 2008

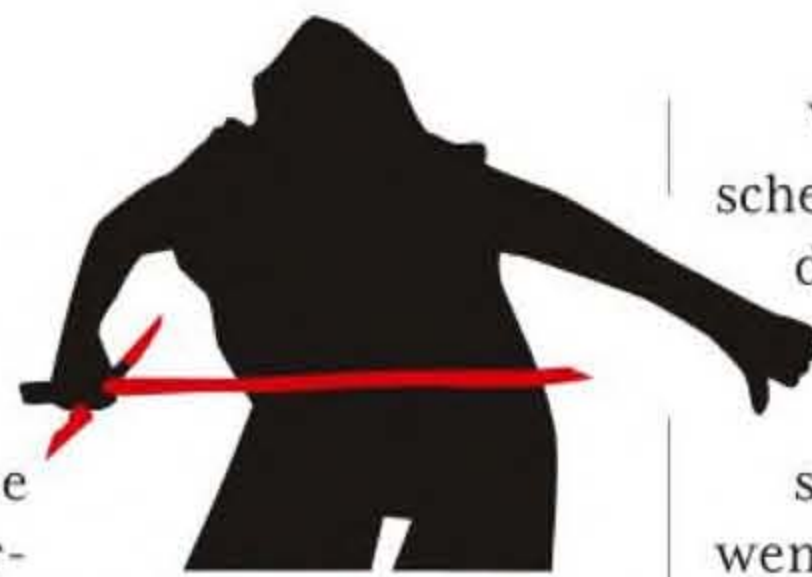
Bedrohlich, skrupellos und unberechenbar: Im Film »The Dark Knight« ist der von Heath Ledger gespielte Joker das personifizierte Böse. Er verweist Batman, der das Gute verkörpert, in dessen Grenzen.

lender Sieger zurück, der das Böse in Gestalt des Feindes bekämpft hatte. Er wurde von allen bewundert. Kampfgeist hat bis heute einen hohen Wert. »Kämpfe und das Jagen haben das Gehirn über 50 000 Generationen lang programmiert«, sagt Euler. »Der friedliche Ackerbau und die Viehzucht prägen es dagegen erst seit 500 Generationen.«

Aber was ist überhaupt »das Böse«? Philosophen tun sich schwer mit einer Definition, aber im Grunde wissen wir es selbst: Das Böse ist, was wir für moralisch falsch und verabscheuungswürdig halten. Mal ist es bedrohlich und brutal, mal heimtückisch und hinterhältig, mal gnadenlos und grausam. In jedem Fall ist es das Gegenteil des Guten – also dessen, was wir als moralisch richtig empfinden.

Gut und Böse sind keine objektiven Werte, sondern immer subjektive und persönliche. Selbst ein islamistischer Terrorist, der derzeit das Böse verkörpert wie kaum ein anderer, kann in dem Glauben handeln, Gutes zu tun, indem er die aus seiner Sicht verwerfliche Dekadenz oder die »Ungläubigen« bekämpft.

Das Böse hat kein einheitliches Gesicht. Die Philosophin Hannah Arendt prägte den Begriff von der »Banalität des Bösen« und wies darauf hin, dass selbst ein Massenmörder wie Adolf Eichmann kein furchterregendes Monster sein muss – der NS-Täter war eher ein Bürokrat. So jemand übt keinerlei Faszination auf uns aus, anders als mancher Serienmörder oder eine Filmfigur wie Hannibal Lecter in »Das Schweigen der Lämmer«.



Film-Bösewicht im Jahr 2015

Kylo Ren, Antagonist der neuen »Star Wars«-Episode, verbreitet mit seinem selbst gebauten Lichtschwert Angst und Schrecken. Er ist besessen von Darth Vader – und wie sein Vorbild verbirgt er sein Gesicht hinter einer Maske. Viele sehen in ihm das finstere Spiegelbild von Luke Skywalker.

Dass diejenigen, die böse sind, nicht böse geboren wurden, interessiert uns im Angesicht ihrer Taten kaum. Allenfalls hinterher: Erst wenn wir uns auf ihre Motive und ihre Vorgeschichte einlassen, kann es sein, dass die Hülle des Bösen fällt und wir den Menschen dahinter erkennen.

So wie es Luke Skywalker erging, der in »Star Wars« überlebte, weil sein Vater Darth Vader sich für ihn opferte. Der Sohn nahm seinem Retter die finstere Maske ab – »das Böse hatte ein Gesicht erhalten«, erinnert sich der Journalist Ludwig Jovanovic, der 1978 als Siebenjähriger zum »Star Wars«-Fan wurde.

Die Hoffnung, dass am Ende die Gerechtigkeit siegt, ist die Voraussetzung dafür, dass wir uns auf das Böse einlassen. Es geht uns nicht anders als kleinen Kindern, deren zarte Seelen keinen Schaden nehmen, obwohl sie in Märchen mit Grausamkeiten aller Art konfrontiert werden. Sie machen die Erfahrung: Die Schwierigkeiten werden gemeistert, am Ende wird alles gut. So produziert das dargestellte Böse keine Aggressionen und Ängste, sondern hilft bei deren Bewältigung.

Und so wie der kleine Gabriel, der natürlich weiß, dass die »böse Hexe« ihn nicht wirklich fressen wird, suchen auch wir das Böse nur dann, wenn es fiktiv ist. Denn das Böse in der Realität fürchten wir. Unter anderem, weil wir ahnen: Der Abgrund des Bösen steckt in uns selbst.

Verschiedene psychologische Experimente haben gezeigt, dass die meisten Menschen erschreckend leichtfertig bereit sind, anderen Menschen Schmerzen zuzufügen, wenn sie unter bestimmten Bedingungen dazu aufgefordert würden. Gut und Böse: »In jedem von uns herrscht ein Gleichgewicht dieser Gefühle«, sagt der »Star Wars«-Erfinder George Lucas. In »Star Wars« sei das Gleichgewicht zwischen allem der wichtigste Faktor. »Es ist gefährlich, wenn dieses Gleichgewicht verloren geht.«

Wir wollen nicht mit unserer eigenen dunklen Seite konfrontiert werden. Umso mehr gefällt es uns, das Böse aus sicherer Distanz zu beobachten. Das Grauen im Buch, im Film oder auf der Bühne zieht uns an, weil wir ihm als Modell begegnen, in letztlich harmloser Form. Es lässt uns zwar schauern, aber wir brauchen die Sicherheit, aus der heraus wir es erleben können. Wer traumatisiert ist, weil er einen Terroranschlag, ein Flugzeugunglück oder eine Explosion – also nicht das symbolische, sondern das reale Böse – überlebt hat, kann diese Konfrontation kaum aushalten.

Vor rund 2700 Jahren erschien die »Ilias«, eines der ersten Literaturwerke Europas. Krieg, Kampf, Rache, Frauenraub und andere Formen der Gewalt werden darin geschildert. Später legte der Dichter Homer die »Odyssee« nach, in der ein Ziegenhirte von seinen Verfolgern gepackt wird: Sie »schnitten ihm Nase und Ohren ab«, heißt es, und »rissen die Scham ihm aus zum rohen Fraß für die Hunde«. Etwa 350 Jahre

später erklärte der Philosoph Aristoteles, dass die griechische Tragödie Furcht erregen sollte, um zu einer Reinigung der Emotionen zu gelangen.

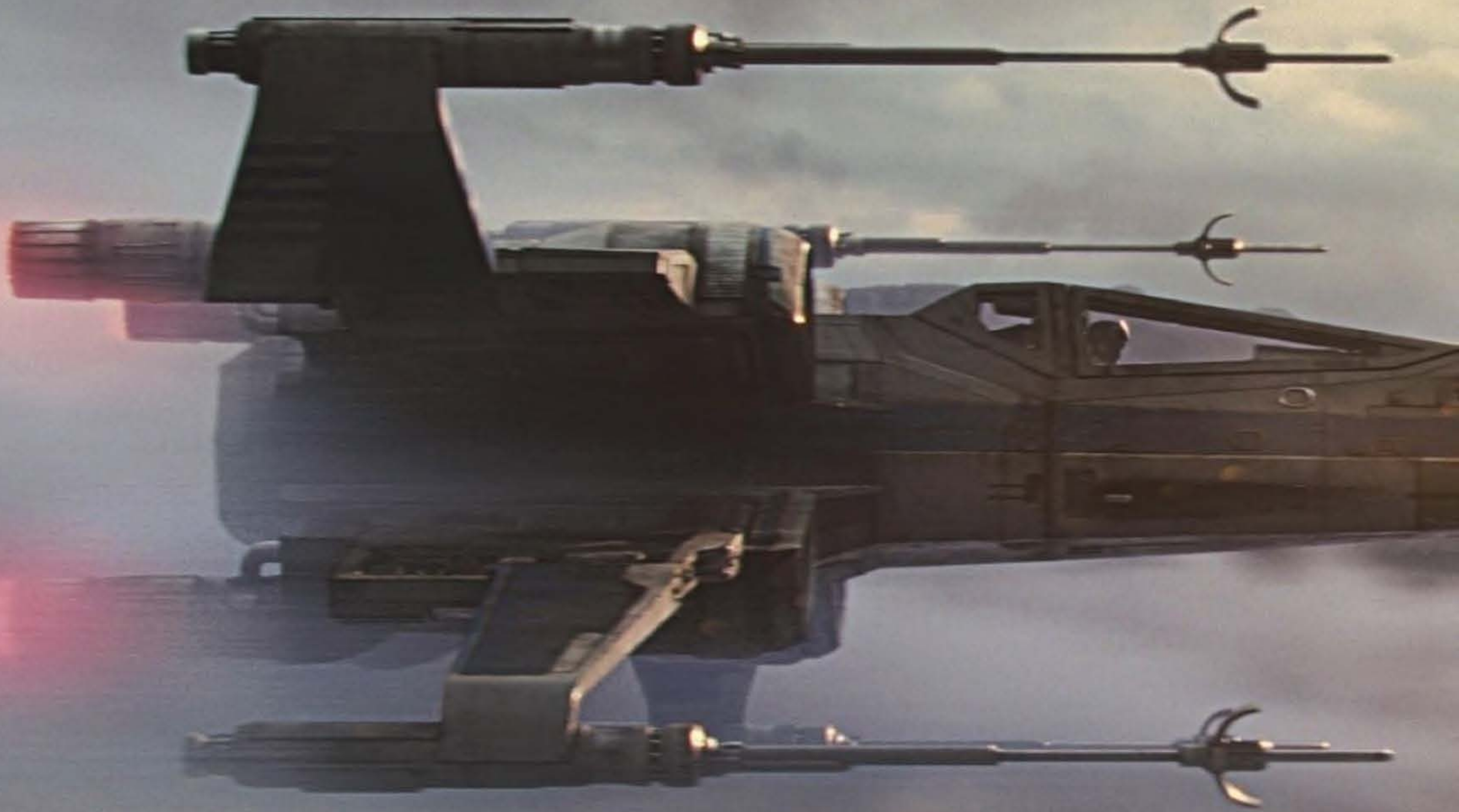
Und so geht es weiter durch die Jahrhunderte: Shakespeare zeigt einen blutrünstigen König (Richard III.), der ohne Hemmungen manipuliert und mordet; Goethe lässt den Teufel Mephisto auftreten und sagen, er sei ein »Teil von jener Kraft, die stets das Böse will und stets das Gute schafft«. Das Böse gehört demnach zum Guten wie die Nacht zum Tag. Das eine wäre ohne das andere undenkbar. Denn wenn alle Menschen nur »gut« wären, wäre das Gute nichts Positives – es könnte sich nicht vom Bösen abheben.

Deshalb ist es konsequent, wenn Batmans Erzfeind Bane in »The Dark Knight Rises« verkündet: »Ich bin das notwendige Böse!« Es ist ein Satz, der auch in jedem der sieben Filme der »Star Wars«-Reihe fallen könnte, deren finstere Seite so viele Menschen in ihren Bann zieht.

Wenn das Schreckliche am Ende überstanden ist, wenn das Gute wieder einmal über das Böse gesiegt hat, atmen wir erleichtert auf. Wir fühlen uns wohl und geborgen in unserem eigenen Dasein, auch wenn es nicht aufregend ist. Oder gerade deshalb. ■

Der erste Bösewicht im Film, der **Martin Tzschaschel** erschreckte, war Mario Adorf als Santer in »Winnetou I«.





Wendig, schnell und
schwer bewaffnet:
X-Wing-Kampfflug-
zeuge in »Star Wars«

.. ECHTE JÄGER

Die Luftkämpfe in »Star Wars« sind faszinierend. Wie aber duellieren sich Kampffjets in der Realität? Und brauchen die modernen Flugzeuge überhaupt noch Piloten? Ein Report

TEXT: HAUKE FRIEDERICH



NATO. Sie müssen identifiziert und notfalls abgefangen werden. Die Piloten sind auf einen Luftkampf vorbereitet.

Jäger gegen Jäger. Pilot gegen Pilot – solche Kämpfe in der Luft oder im Weltall fesseln auch in den »Star Wars«-Filmen die Zuschauer – ob Kampfflieger der Rebellen den Todesstern angreifen oder der Millennium Falke von TIE-Jägern des Imperiums gehetzt wird. Selbst die Waffen aus »Star Wars« sind keine reine Science-Fiction: Längst experimentieren Rüstungshersteller mit Lasern, und die Computer an Bord moderner Kampffjets leisten mehr als jeder Rechner in den »Star Wars«-Filmen.

Was die Piloten momentan regelmäßig auf ihren Bildschirmen entdecken, sorgt für Spannungen in Europa. Seit Monaten stoßen NATO-Jets im Baltikum auf russische Kampfflugzeuge. Allein von Januar bis August dieses Jahres stiegen die Alarmrotten – jede besteht aus zwei Flugzeugen – 100-mal auf, um Militärflugzeuge zu stellen. »Air Policing Baltikum« heißt die NATO-Mission, die den Luftraum sichert. Sie begann deutlich vor der Ukraine-Krise – aber seitdem läuft sie »verschärft«, wie Militärs sagen: mit mehr Flugzeugen und mit mehr Waffen.

Eine Glocke schrillt. Alarm! Unbekannte Flugobjekte nähern sich dem Luftraum des Nordatlantischen Verteidigungspakts (NATO). Im estnischen Ämari laufen Techniker aus dem Hangar. Zwei Piloten der deutschen Luftwaffe streifen sich ihre Druckanzüge über die Fliegerkombi, ziehen Stiefel an, greifen ihre Helme und sprinten zu zwei Kampfflugzeugen am Ende einer Landebahn. Jeder der beiden eilt über eine Treppe in das enge Cockpit seines Eurofighters.

Der Bordcomputer: eingeschaltet. »Ready for Take-off«, melden die Piloten. Triebwerke heulen auf, die Maschinen rasen hintereinander über die Startbahn, heben ab und donnern mit Schallgeschwindigkeit in den Himmel. Bis zu 2,35 Mach, mehr als die zweifache Schallgeschwindigkeit, erreichen die Jets.

In maximal 15 Minuten müssen sie beim »Quick Reaction Alert« in der Luft sein. Für diesen speziellen Alarmstart gibt es über dem Baltikum momentan nur einen Grund: Unbekannte Flugzeuge nähern sich von Russland kommend dem Luftraum der



**Kampffjetpilot
Frank Gräfe**

Der 47-Jährige studierte bei der Bundeswehr und wurde in den USA als Pilot ausgebildet. Zurück in Deutschland, flog er den Abfangjäger F-4 Phantom und später den Eurofighter.

Die Piloten der NATO kommen bei ihren Abfangeinsätzen dicht an die russischen Flugzeuge heran. Aus 50 Metern erkennen sie die Nummern der Maschinen. Doch oft genug fliegen sie nur einen Meter voneinander entfernt – ähnlich wie beim Auftritt einer Kunststaffel, deren Flugzeuge sich manchmal mit den Flügelspitzen zu berühren scheinen. Nur dass es über dem Baltikum nicht um Show geht. Dort sind die Maschinen voll bewaffnet – und die Piloten angespannt.

Die deutschen Eurofighter tragen mehrere Infrarot-Kurzstrecken- und radargesteuerte Mittelstreckenraketen, das Bordgeschütz ist geladen. Auch die Russen rüsten ihre Maschinen mit den neuesten Waffen aus. »Show of Force«, seine Stärke zeigen, nennen das die Militärs.

Wenn die Radaranlagen sich gegenseitig erfassen, dann bedeutet das im Eurofighter-Cockpit: Alarm. »Luftkampf light«, sagt ein deutscher Pilot dazu. »Das ist schon ernst. Aber niemand will den dritten Weltkrieg auslösen.« Adrenalin pur. Nirgendwo sonst kommen sich derzeit Kampfflug- ▶



MiG-35: Das russische Kampfflugzeug wird als Ein- und Zweisitzer gebaut. Steigrate: 330 Meter pro Sekunde



Tornado GR.4: Der zweisitzige Kampffjet wurde von Großbritannien, Deutschland und Italien entwickelt. Steigrate: 165 Meter pro Sekunde

zeuge so gefährlich nahe. In den Konflikten der vergangenen Jahre, in Afghanistan, Libyen, Syrien und im Irak, kämpften keine Flugzeuge gegeneinander. Dort griffen Jets lediglich Ziele am Boden an. Rebellen und Terroristen haben keine eigenen Maschinen. Anders ist das im aktuellen politischen Konflikt zwischen der NATO und Russland: Beide Seiten verfügen über moderne Kampfflugzeuge.

Die beiden deutschen Eurofighter, die zum Alarmstart aufgestiegen sind, treffen in unserem rekonstruierten Fall auf ältere russische Flugzeuge vom Typ Su-27. Diese rasen an den Grenzen des Baltikums entlang – auf dem Weg nach Kaliningrad, einer russischen Enklave zwischen Polen und Litauen. Sie haben ihre Transponder ausgeschaltet, mit denen sie sonst ihre Position an die Flugüberwachung senden. So können sie von der Flugsicherheit nicht identifiziert werden. Die Piloten der Bundeswehr begleiten die russischen Maschinen, bis sie sich vom Luftraum der NATO entfernen.

Zu solchen Einsätzen kommt es fast täglich über dem Baltikum. »Da sind teilweise die modernsten russischen Kampfflugzeuge in der Luft«, sagt Frank Gräfe. Der Oberst, 47 Jahre alt, saß bis vor einem halben Jahr im Cockpit eines Eurofighters. Heute leitet er im Kommando Luftwaffe ein Referat. Er trägt nun keinen Fliegerdress mehr, sondern dunkelblauen Pullover, hellblaues Hemd und Lackschuhe. Zwei Modelle stehen auf seinem Schreibtisch, ein Eurofighter und eine Phantom F-4. Mit beiden Flugzeugen ist Gräfe jahrelang geflogen. Er vermisst es, ins Cockpit zu steigen.

Der Oberst nimmt den Eurofighter in die Hand, dreht die Maschine um und zeigt mit einem Kugelschreiber auf die Waffen am Flugzeugbauch. Bis zu sechs AMRAAM-Raketen haben hier Platz: Sie fin-



NATO-Kampffjet Eurofighter. Steigrate: 315 Meter pro Sekunde

UNTER DEN TRAGFLÄCHEN:

- 1 Luft-Luft-Rakete für kurze Reichweite
- 2 Rakete für mittlere Reichweite
- 3 Zusatztank

IM COCKPIT:

- Head-up-Display
- Anzeige für Warnmeldungen
- Multifunktionsbildschirm
- Steuerknüppel
- Schleudersitz



den radargelenkt ihr Ziel. Mit solchen Raketen mittlerer Reichweite steigen tatsächlich die deutschen Jets derzeit über dem Baltikum auf – über Deutschland fliegen sie nicht, sie sind nur für Auslandseinsätze vorgesehen.

Hinzu kommen IRIS-T-Flugkörper, die per Infrarot-Suchkopf die Triebwerke des Gegners verfolgen und noch aus sehr kurzer Distanz abgefeuert werden können. Auch die Partnerländer Deutschlands haben ihre Jets für die Einsätze im Baltikum mit scharfen Waffen versehen. Das sei kein Mittel zum Eskalieren, sagte der Inspekteur der Luftwaffe, Generalleutnant Karl Müllner, gegenüber Journalisten. »Das ist nur ein Mittel, um sich auf Augenhöhe begegnen zu können.«

Da die baltischen Staaten selbst keine Luftwaffe unterhalten, stellt die NATO den Schutz sicher. Seit September sind fünf deutsche Eurofighter im Baltikum stationiert. Zwei Maschinen davon stellen die



Su-35: Der moderne russische Jet ist technisch vielen westlichen Kampfflugzeugen überlegen. Steigrate: 280 Meter pro Sekunde



F-35: Das US-Kampfflugzeug der fünften Generation gehört zur internationalen Spitzenklasse. Besonderes Merkmal: Tarnkappentechnik

Alarmrotte und sind rund um die Uhr in Bereitschaft. Ungarische Jets vom Typ Gripen unterstützen die Deutschen. Dazu kommen amerikanische Kampfflugzeuge, die auf Basen in ganz Europa stationiert sind, zum Beispiel die F-22 Raptor, der modernste Jäger der US-Streitkräfte.

Bei einem Manöver vor drei Jahren konnten einige Eurofighter mehrere F-22-Jäger besiegen. Doch in Deutschland machte der Eurofighter zuletzt vor allem Negativschlagzeilen: zu viele technische Mängel, zu oft am Boden, zu teuer beim Kauf und im Unterhalt. Oberst Gräfe allerdings ist mit dem Jet sehr zufrieden. Für die Alarmrotte sei er das ideale Flugzeug, mit seiner starken Steigleistung und der hohen Geschwindigkeit. »Beim Phantom-Jet habe ich bei sechs g manchmal Sterne vor den Augen gesehen«, sagt Gräfe, »beim Eurofighter ist aufgrund der ergonomischen Auslegung des Cockpits und der unterstützenden Systeme wie der Druckhose selbst bei neun g noch alles in Ordnung.«

Mit g-Kräften beschreiben Physiker die Belastungen für den Körper, die bei starker Beschleunigung oder bei Richtungsänderungen entstehen. Gräfe sagt, dass beim Nahkampf vor allem die engen Kurven anstrengend seien.

Jetpiloten wollen immer hinter den Gegner kommen, der mit raschen Richtungswechseln versuche, das zu verhindern. Am Heck haben die Kampfflugzeuge schließlich keine Waffen. Am besten hat man den Gegner deswegen vor sich: als Ziel.

Die russischen Jetpiloten lassen sich nicht gern beschatten. Wenn westliche Kampfflugzeuge ihnen nahe kommen, weichen sie aus. »Damit erleben unsere Piloten ganz andere Abfangeinsätze als über Deutschland«, sagt Gräfe. Er erzählt aber, dass die Piloten sich auch mal zuwinken und sich nicht provozieren.

Die deutschen Eurofighter-Piloten profitieren von einem hohen Automatisierungsgrad im Cockpit. Innerhalb weniger Sekunden erkennen sie auf dem Display ihre eigene Position und die des Gegners. »Wenn es hektisch wird, kann ich die Automatik aktivieren, dann fliegt die Maschine erst mal allein«, schwärmt Gräfe. »Ich kann mich dann auf den Luftkampf vorbereiten. Das ist schließlich unser Hauptgeschäft.«

Bei der Luftwaffe machen sich Experten längst über den Kampfjet der Zukunft Gedanken. Wie er aussieht, steht noch nicht fest. Der Eurofighter gehört zur vierten Generation von Kampffjets, in den USA bauen Unternehmen bereits Maschinen der fünften Generation, zum Beispiel die F-35. Die deutsche Luftwaffe will abwarten, wie sich dieses Flugzeug entwickelt, und dann entscheiden, welche Modelle sie anschafft. Schon heute stehe aber fest, dass auch die neuen Jets »das volle Spektrum« abdecken müssen, sagt Oberstleutnant Patrick Reich, Referent im Kommando Luftwaffe: Sie sollen Terroristen des Islamischen Staats am Boden ebenso bekämpfen können wie gegnerische Jets.

Die bemannten Kampfjets werden in Zukunft eine geringere Rolle spielen als heute. Irgendwann wird ein Punkt erreicht sein, an dem man den Piloten im Cockpit nicht mehr schützen kann. Dann könnten Drohnen die Arbeit der Flugzeuge übernehmen. Doch vorerst steuern selbst in den Zukunftsszenarien der meisten Science-Fiction-Filme noch Menschen die Kampfmaschinen und Raumschiffe. Und bei »Star Wars« helfen ihnen dabei nicht nur Computer, sondern im Fall von Luke Skywalker sogar übersinnliche Kräfte.

Hauke Friederichs saß schon einmal im Cockpit eines Eurofighters. Er staunte über die große Zahl der Instrumente.



Schauplatz der Spannungen

Estland (EST), Lettland (LV) und Litauen (LT) haben keine Kampfflieger. Daher bewacht die NATO (blau) ihren Luftraum vor Jets aus Russland und verbündeten Staaten (orange). Deutsche Eurofighter starten von Ämari.

Internationaler Kräftevergleich:

3400
US-Kampfflugzeuge

1370
europäische Jets

1400
russische Kampffjets



FOTO: IMAGO

GEHT NICHT

»Star Wars« brachte neue Welten auf die Leinwand – ohne Trick



SCHÖPFER UND SCHÖPFUNG
1977: »Star Wars«-Regisseur
George Lucas erklärt am
Drehort in Tunesien Anthony
Daniels, der den Roboter
C-3PO spielt, wie er sich die
nächste Szene vorstellt.

GAB'S NICHT

technik undenkbar! Also revolutionierte George Lucas das Filmemachen



1 George Lucas vor einem Modell des Todessterns. 2 Anthony Daniels, Darsteller von C-3PO, gönnt sich eine Trinkpause während der Dreharbeiten in der tunesischen Wüste. 3 Im ersten Teil (»Episode IV«) von »Star Wars« fliegen die Rebellen mit X-Wings den Angriff auf den Todesstern. 4 Han Solos Millennium Falke wurde damals als Miniatur gebaut. 5 In den Episoden I bis III wurden die Laserschwerter zunächst mit Stöcken nachgestellt. 6 Später bekamen die Schwerter mithilfe von Computereffekten Form und Farbe. In den ersten Filmen kämpften die Schauspieler mit Stöcken, die mit reflektierender Folie überzogen und angestrahlt wurden.





KOSMISCHES DUETT

J. J. Abrams hat bei der neuen »Star Wars«-Episode Regie geführt, Kathleen Kennedy ist die Produzentin.

Es ist heiß, es staubt, es herrscht biblisches Chaos. Wird eine Galaxie geboren, ist das eine gewaltige Sache. Nicht nur in den Tiefen des Weltraums in einer Zeit vor Jahrmillionen war das so. Auch in der stickigen Lagerhalle am Rand von Los Angeles.

Rückblende. Wir befinden uns im Sommer 1975. Als George Lucas seine Weltaloper »Star Wars« verfilmen will, ist er der Underdog in Person, ein gescheiterter Rennpilot, der bis zu diesem Zeitpunkt nur Independentfilme gedreht hat. Das Team, das seinen Film realisieren soll, besteht aus Ingenieuren, Designern und Architekten. Viele von ihnen haben für die Filmindustrie ihr Studium hinge-schmissen und sind noch nicht lange im Geschäft. Das Produktionsbudget ist mit zehn Millionen Dollar mickrig. »Wir mussten jeden Dollar bis zum Äußersten ausreizen«, hat kürzlich Steve Gawley, ein Mitarbeiter von Lucas der ersten Stunde, dem US-Magazin »Wired« gesagt. Doch mit viel Enthusiasmus, Pappmaschee und Altmetall vom örtlichen Schrotthändler lässt sich eine Menge machen. So entsteht nach und nach jene Galaxie, in der Luke Skywalker gegen seinen Vater kämpft, eine Galaxie, in der nicht nur die Macht regiert, sondern auch die Magie des Kinos.

»Als der Film herauskam, gab es niemanden, der nicht darüber sprach. Das hat mich beeinflusst«, sagt Tim Webber, der als Jugendlicher den Hype er-

lebte. Heute produziert Webber Spezialeffekte für oscarprämierte Filme wie »Gravity«. Sein Kollege und Konkurrent Doug Roble geht noch weiter: »Ohne »Star Wars« würde ich heute meinen Job nicht machen.« So gesehen müssen Filmfans George Lucas nicht nur für das »Star Wars«-Epos danken – ohne sein Werk gäbe es Spezialisten wie Doug Roble nicht, ohne Spezialisten wie Roble gäbe es Filme wie »Titanic«, »Der Herr der Ringe« und »Iron Man« nicht, und ohne solche Filme hätten Kinozuschauer seltener jene Momente auf der Leinwand erleben dürfen, die sie bis heute zum Staunen bringen.

Doch was machte »Star Wars« so besonders? Warum hat der Film eine ganze Generation von Special-Effects-Experten geprägt?

In jenem Jahr 1975 gründet George Lucas Industrial Light and Magic (ILM), ein Unternehmen für Tricktechnik, weil er keine Firma findet, die in der Lage ist, seine Visionen für »Star Wars« auf die Leinwand zu bekommen. Natürlich ist sein Studio zu diesem Zeitpunkt nicht das erste, das in die Film-trickkiste greifen kann: Der »Stop Trick«, der mit statischen Einzelbildern leblose Figuren zum Leben erweckt, ist längst erfunden. Filme wie »Ben Hur« haben bereits in den 50er-Jahren Methoden wie das »Matte Painting« genutzt, um das alte Rom auferstehen zu lassen – dabei malen Zeichner, nachdem der Film gedreht ist, die gewünschte Szenerie auf Glas auf. Indem die bemalte Glasplatte über den ursprünglichen Film gelegt und beides zusammen abgefilmt wird, entsteht eine neue Filmrealität – Männer, die in Römerkostümen am Set deplatziert wirkten, marschieren dank des »Matte Paintings« ▶

TEXT:
HALUKA MAIER-BORST



ALLES HARDWARE

Fantasiecreaturen der neuen Zeit: Der ballähnliche BB-8 ist der heimliche Star des siebten »Star Wars«-Films. Die Maschine ist keine Computeranimation – der Roboter wurde tatsächlich so gebaut.

im Film als Legionäre an Tempeln vorbei. Selbst die bei »Star Wars« verwendeten Miniaturmodelle von Raumschiffen waren nicht George Lucas' Idee. Stanley Kubrick hatte zum Beispiel für »2001: Odyssee im Weltraum« mit solchen Tricks Raumstationen erschaffen, die groß wie Städte erschienen.

Die Verfahren, die das ILM-Team verwendet, sind also altbekannt. Neu sind allerdings die Werkzeuge, die die Macher von »Star Wars« für ihren Film nutzen. Sie haben sie selbst erfunden.

Das Prunkstück ist eine Kamera namens Dykstraflex. Benannt nach John Dykstra, dem Chef für die Spezialeffekte, soll das 400 000 Dollar teure Gerät Filmszenen ermöglichen, die bis dahin unmöglich waren. Diese Kamera lässt sich nämlich per Computer steuern. Lucas und seine Crew können plötzlich immer und immer wieder dieselbe Szene mit haargenau den gleichen Bewegungen und Einstellungen filmen. »Zunächst filmte man im ersten Lauf nur das erste Raumschiff ab. Beim nächsten Anlauf nahm man das zweite Raumschiff und so weiter – auf diese Weise konnte man die Aufnahmen beliebig oft wiederholen«, erklärt der deutsche Experte für Spezialeffekte Thilo

Ewers. Am Ende fügt das Team die einzelnen Takes zusammen – im Film wirkt es dann so, als rasten Dutzende Raumschiffe gleichzeitig in atemberaubender Geschwindigkeit am Betrachter vorbei. Für die bahnbrechende Kameraführung erhielt ILM 1978 einen Oscar.

Doch das Team gibt sich mit diesem Erfolg nicht zufrieden. Schon bald danach beginnen die Nerds der Firma, Computer nicht nur dafür zu verwenden, eine Kamera zu bewegen – sie erschaffen mit ihnen sogar erste Bilder. Im Laufe dieser Entwicklung entstehen das Bildbearbeitungsprogramm Photoshop und ein Projekt mit Namen »Pixar«. Zunächst ist es nur der Name für einen Rechner, der echtes Filmmaterial mit digital entstandenen Bildern mischen kann. Bald schon aber machen sich die Entwickler des Projekts selbstständig, und so wird aus Pixar eines der heute führenden Trickfilmstudios.

Der Weggang des Pixar-Teams bedeutet indes nicht das Ende der digitalen Revolution innerhalb von ILM. 1993 gelingt der Crew mit »Jurassic Park« ein weiterer Coup. »Ein paar Jahre davor war es extrem schwierig, einen Schriftzug zu bauen, der sich im Film bewegte. Lucas' Leute waren aber plötzlich in der Lage, mithilfe ihres Computers Dinosaurier



1 Schauspieler Robert Downey jr. (links) und Regisseur Shane Black (rechts) besprechen während der Verfilmung von »Iron Man« die nächste Einstellung. In der Mitte steht der Nachbau der Comic-Hauptfigur. Weil Downey sich in der Rüstung nicht frei bewegen konnte, mussten Trickspezialisten nach den Dreharbeiten die Aufnahmen digital bearbeiten – so wirkten die Bewegungen des Eisenmannes wieder natürlich.

2 Die Weltraumszenen bei »Gravity« sehen echt aus. Doch das Einzige, was nicht aus dem Computer stammt, sind die Schauspieler. 80 Prozent des Films entstanden im Rechner.

durch das Bild laufen zu lassen – also ganze Kreaturen«, erinnert sich Tim Webber.

Zwei Umstände helfen dem ILM-Team dabei, »Jurassic Park« täuschend echt wirken zu lassen: Zum einen sind Saurier schon lange ausgestorben. Da die Kinoszuschauer keinen realen Vergleich haben, ist es möglich, ihnen Tierbewegungen als authentisch zu präsentieren, die sie nicht nachprüfen können. Zum anderen bieten Riesenechsen einen weiteren Vorteil: Sie sind weder flauschig noch haben sie Federn. »Das klingt bescheuert, aber kein Laie kann sich vorstellen, wie schwierig es ist, Fell im Computer so zu programmieren, dass es echt aussieht«, sagt Webber. Jahre seien nach »Jurassic Park« vergangen, erinnert er sich, bis Spezialisten wie er in der Lage waren, Affen oder Bären ähnlich gut nachstellen zu können wie die Dinos in »Jurassic Park«. Inzwischen haben Film-Illusionisten wie Webber derartige Probleme im Griff: Fell, Federn und andere haarige Details sehen auf der Kinoleinwand mittlerweile naturgetreu aus. Die wahre Kunst der Filmtricktechnik besteht heute nicht darin, Fantasiewelten wie jene in »Star Wars« oder »Jurassic Park« zu erschaffen – die



GEORGE LUCAS (71)

Der Erfinder der Saga hat zum aktuellen Film kaum etwas beigetragen: In einem Interview mit dem »Guardian« gab er zu, dass es keine seiner Ideen in die letzte Fassung geschafft habe. Trotzdem hat der siebte Teil der Reihe seinen Segen.

neue Herausforderung für die Zauberer der Filmindustrie ist das Hier und Jetzt.

Tim Webber hat am Film »Gravity« mitgearbeitet. Darin spielen Sandra Bullock und George Clooney zwei Astronauten, die um ihr Überleben kämpfen. Zwar handelt auch dieser Film vom Weltall. Doch anders als »Star Wars« spielt »Gravity« in der Gegenwart. Der Fantasie sind also Grenzen gesetzt.

»Die Umsetzung war schwierig – es gibt bereits viel Material der NASA. Jeder weiß also, wie Schwerelosigkeit aussieht«, sagt Tim Webber. Noch bevor eine Szene mit Bullock und Clooney gedreht war, haben die Macher deshalb den Film im Computer vorproduziert. Anschließend mussten die Hollywoodstars bei den Aufnahmen so spielen, dass dieses Filmmaterial möglichst gut zum bereits fertiggestellten Film passt. In Szenen, in denen etwa Bullock im Raumanzug durch das Weltall schwebt, verschmelzen echte Aufnahmen mit Computerbildern. Das Weltall, der Raumanzug, der Helm – all das existiert im Rechner. Nur Sandra Bullocks Gesicht ist in diesen Szenen echt.

Die Entwicklung ist inzwischen so weit fortgeschritten, dass selbst in Filmen, in denen kein Zuschauer Effekte vermutet, getrickst wird – bei Komödien etwa würden reale Regenwolken am Set nachträglich in Sonnenschein verwandelt, sagt Thilo Ewers. Manchmal falle es selbst einem Experten wie ihm schwer, Realität von Illusion zu unterscheiden. Doug Roble hat darum eine Warnung für jeden Kinogänger parat: »Trauen Sie nie dem, was Sie im Film sehen.«

Haluka Maier-Borst hat sich oft gefragt, wie im Jahr 1977 Laserschwerter und Raumschiffe auf der Leinwand simuliert wurden. Jetzt weiß er es.



IN DER TIEFE

sind wir allein. Oder nicht?

In »Star Wars« ist extraterrestrisches Leben normal. Für die Menschheit ist es das größte Rätsel, das es zu lösen gilt, sagt der Astrophysiker Stephen Hawking. Ein russischer Milliardär will SETI, die Suche nach Außerirdischen, nun massiv fördern. Warum? Und was geschieht, wenn Leben gefunden würde?

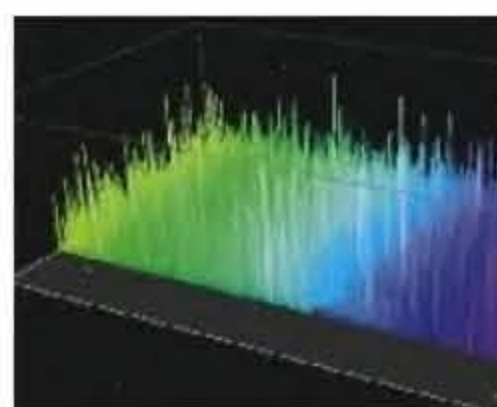
TEXT: JAN BERNDORFF

Das Radioteleskop des Parkes-Observatoriums in Australien: Seine Antenne hat einen 64 Meter großen Durchmesser, es sucht auch nach außerirdischem Leben. Bekannt wurde es durch die Übertragung der ersten Mondlandung.

Seit Jahrzehnten horchen Astronomen mit Radio- und Laserteleskopen das All danach ab, ob sie ein Signal von Außerirdischen empfangen können. Bislang hatten sie keinen Erfolg. Doch die SETI-Forschung (»Search for Extra terrestrial Intelligence«) tritt nun in eine neue Ära. Denn es hat Geld geregnet.

Der russische Milliardär Juri Milner – gelernter Teilchenphysiker und reich geworden durch Investments in Internetfirmen wie Facebook – hat 100 Millionen

US-Dollar für ein zehnjähriges Suchprogramm gestiftet, »Breakthrough Listen« genannt (»Durchbruch beim Horchen«). Stephen Hawking und andere namhafte Forscher haben es im Juli 2015 mit Milner in London vorgestellt – mit modernster Technik wollen sie die Suche nach intelligenten außerirdischen Wesen intensivieren, die sich beispielsweise per Funk bemerkbar machen. Doch welche Aussichten hat die neue Offensive? P.M. beantwortet die wichtigsten Fragen zur Suche nach außerirdischem Leben.



Mitsuchen erlaubt

Mit SETI@home stellt die Uni Berkeley eine Software zur Verfügung, mit der sich jeder an der Suche nach Außerirdischen beteiligen kann.

1 Wie wirkungsvoll ist »Breakthrough Listen« tatsächlich?

Die Grundidee ist nicht neu: Astronomen suchen das All schon lange nach auffälligen Radio- und Lasersignalen ab. Allerdings tun sie das nun gründlicher als je zuvor, nämlich mit jeder Menge Beobachtungszeit an den für ihre Zwecke besten Teleskopen, dem Green-Bank-Radioteleskop in West Virginia/USA, dem Parkes-Radioteleskop in Australien und einem Laserteleskop am Lick-Observatorium in Kalifornien. »Normalerweise haben wir an

DES RAUMES



solchen Observatorien 24 bis 36 Stunden pro Jahr für SETI«, sagt Andrew Siemion, Direktor am Berkeley SETI Research Center. »Jetzt haben wir Tausende Stunden. Das ist eine Revolution!«

Zumal sein Team, das das Projekt hauptsächlich durchführen wird, neue Geräte und Software zur Signalverarbeitung entwickelt. Geplant ist, die eine Million Sterne unserer Galaxis zu prüfen, die uns am nächsten sind, dazu Regionen der 100 uns nächsten Galaxien. »Wir werden zehnmal mehr Sterne im Universum absuchen, als es bisher ►



Das Suchgebiet

WO KÖNNTE DORT LEBEN SEIN?

Das SETI-Projekt konzentriert sich auf die eine Million benachbarten Sterne unserer Milchstraße (Bild links). Auch die 100 uns am nächsten liegenden Galaxien sind ausschnittsweise Teil der Suche. Doch selbst wenn Leben existiert, könnte sie erfolglos sein, weil sich die Außerirdischen nicht bemerkbar machen können – oder weil sie es nicht wollen.

geschehen ist«, sagt Dan Werthimer, Astrophysiker und Informatiker an der Universität Berkeley in Kalifornien. »Und zwar 100-mal schneller, 50-mal sensibler und auf fünfmal mehr Frequenzen des Radiospektrums.« Insgesamt sei Break-through Listen etwa 1000-mal effizienter als bisherigen Suchprogramme.

2 Warum war die bisherige Suche erfolglos?

Bislang konnten SETI-Forscher nur einen winzigen Ausschnitt des Alls gründlich nach Signalen absuchen. »Wir haben zwar in alle Richtungen gelauscht, aber lange nicht auf allen rund zehn Milliarden Frequenzkanälen, die es gibt, und auch nur mit sehr geringer Sensibilität unserer Antennen«, berichtet Seth Shostak vom SETI-Institut in Mountain View, Kalifornien. »Wirklich genau haben wir nur ein paar Tausend Sonnensysteme angeschaut.« Allein die Milchstraße, unsere Heimatgalaxie, hat aber rund 200 Milliarden Sterne. Und es gibt mindestens 100 Milliarden weitere Galaxien. »Es ist, als hätten wir aus dem All auf Afrika geblickt, einen Hektar Land des Kontinents herangezoomt und kein Tier entdeckt. Deshalb kann man aber nicht sagen, in Afrika gäbe es keine Tiere.«

Die meisten Forscher sind sich heute einig, dass es außerirdisches Leben geben muss. Überall gelten die Naturgesetze, in kosmischen Gaswolken wurden schon Grundbausteine für Leben wie einfache Aminosäuren und Zuckerverbindungen nachgewiesen, und in jeder Galaxie gibt es unzählige erdähnliche Planeten, die grundsätzlich Leben ermöglichen. Die Erde – ein



Mysteriöses Objekt

Das Weltraumteleskop Kepler hat den Stern KIC 8462852 beobachtet. Er befindet sich 1450 Lichtjahre entfernt. Wie sind die Helligkeitsschwankungen dort zu erklären?

einmaliger Glücksfall? Höchst unwahrscheinlich.

Der Entwicklungssprung von Mikroorganismen zu intelligenten Lebewesen ist zwar groß. Doch auch dieser sollte selbst innerhalb einer Galaxie mehrfach überwunden worden sein, meinen Astrobiologen.

3 Wie hoch sind die Chancen, etwas zu finden – und was, wenn wir nichts finden?

»Das neue Projekt ist sehr aufregend«, sagt Dan Werthimer. Aber die Chance, schnell außerirdisches Leben zu finden, sei gering. Die Menschheit lerne erst, wie

sie überhaupt über kosmische Distanzen kommunizieren könne. »Es wäre großes Glück, jetzt schon eine andere Zivilisation zu finden. Langfristig gesehen bin ich jedoch sehr zuversichtlich, denn unsere Teleskope und Computer werden sehr schnell immer besser.«

Womöglich entdecken wir durch Fortschritte in der Physik auch noch ganz andere Wege der Kommunikation: »Radio- und Laserwellen erscheinen uns zurzeit als die sinnvollsten Methoden, weil sie Gaswolken und Atmosphären durchdringen. Aber wir wissen zum Beispiel noch so gut

Mit neuem Geld auf der Suche nach E.T.: Der russische Milliardär Juri Milner (links) hat 100 Millionen für das SETI-Projekt gestiftet, das extraterrestrisches Leben aufspüren soll. Einer seiner Mitstreiter ist der berühmte Astrophysiker Stephen Hawking.



FOTOS: REDUX/LAIF, SETI, MAURITIUS IMAGES

der wichtigste Ort im ganzen Kosmos.«

4 Sollte die Menschheit Signale ins All senden?

Zusätzlich zu »Breakthrough Listen« hat Juri Milner einen Wettbewerb mit einer Million US-Dollar Preisgeld ausgeschrieben, er wird »Breakthrough Message« genannt. Das Geld erhält derjenige, der die beste digitale Botschaft für Außerirdische entwirft. Einige Wissenschaftler – darunter Stephen Hawking – meinen allerdings, wir sollten vorerst nur horchen, nicht senden. Es sei damit zu rechnen, dass uns eine außerirdische Zivilisation, von der wir Signale empfangen, überlegen ist. Feindselige Wesen könnten auf uns aufmerksam werden und uns vernichten.

Die Mehrheit der Experten glaubt aber, dass höher entwickelte Außerirdische wahrscheinlich friedlich sind – sonst hätten sie sich während ihrer



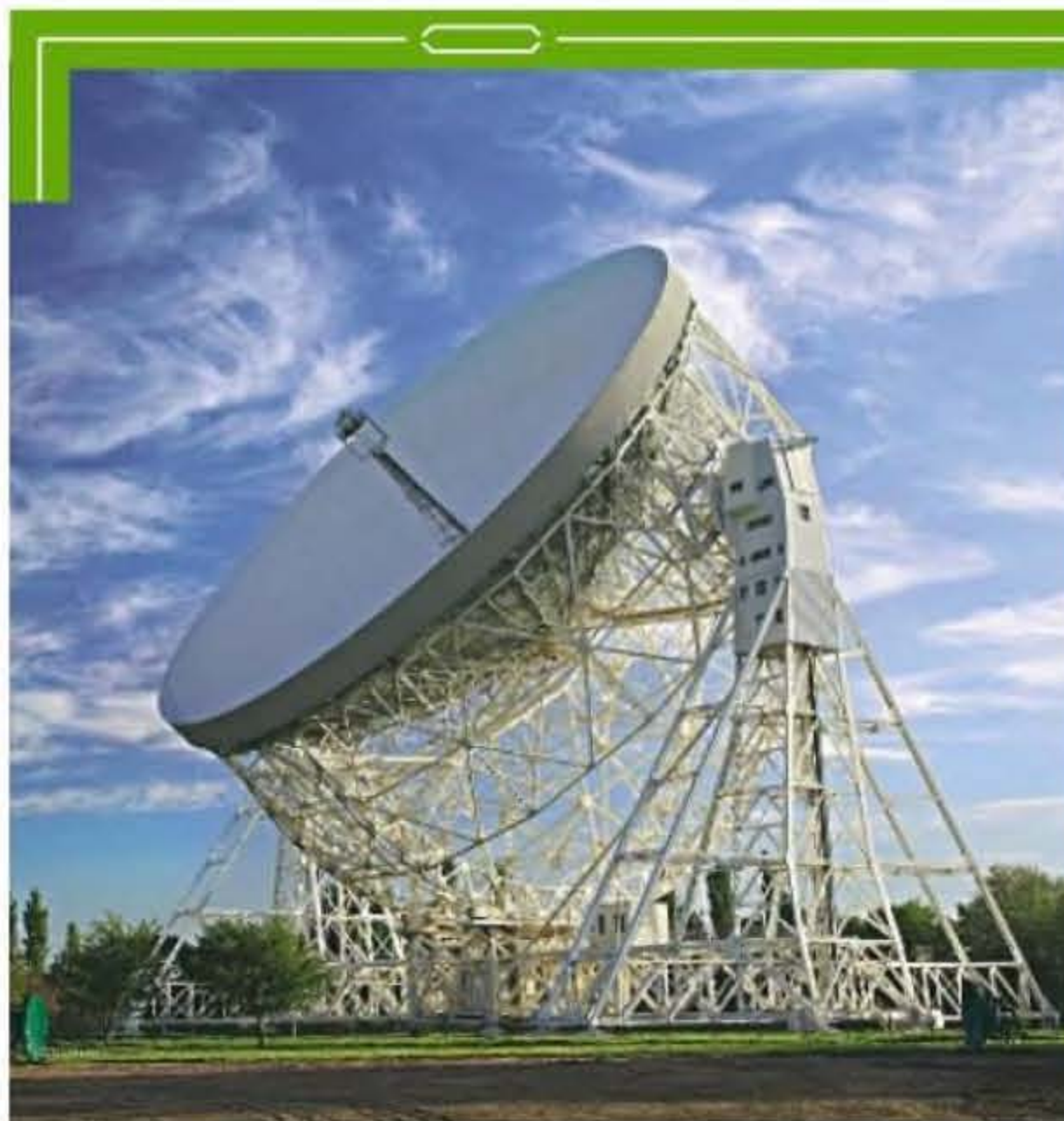
Jill Tarter, Ex-Chefin des SETI-Instituts

Die Astronomin warnt davor, voreilig Kontakt mit Außerirdischen aufzunehmen, sie sagt: »Lasst unsere Gesellschaft erst erwachsen werden – dann funken wir.«

Entwicklung selbst ausgelöscht. Trotzdem sollte die Menschheit vorerst nicht gezielt senden. »Unter den Zivilisationen, die interstellar kommunizieren können, sind wir mit Sicherheit die jüngste«, sagt Jill Tarter, bis 2012 Leiterin des SETI-Instituts. Unsere Gesellschaft sei noch stark geprägt von Krieg und Unrecht. »Wir sagen also: Lasst uns erst erwachsen werden und dann funken. In der Hoffnung, dass da draußen bereits einige erwachsen sind.« So soll die »Breakthrough Message« vorerst nicht abgeschickt werden, sondern dazu dienen, unser Selbstverständnis zu schärfen.

Zugleich räumt Tarter ein, dass wir spät dran seien, uns um unser kosmisches Image Gedanken zu machen: Seit rund 80 Jahren senden wir Fernseh-, Radio- und Radarsignale, die stark genug sind, dass auch Außerirdische im All sie empfangen könnten. Bevor die Aliens ein verzerrtes Bild von uns aus irgendeinem Hollywoodschinken bekämen, ►

wie nichts über Dunkle Materie und Dunkle Energie, obwohl wir ihre Existenz nachgewiesen haben. Womöglich gibt es sogar mit ihrer Hilfe einen Weg, schneller als das Licht zu senden.«, sagt Wertheime. Demnach wäre noch viel zu tun, bevor wir das Projekt in der Überzeugung abbrechen könnten, allein im Weltraum zu sein. Aber auch das wäre eine wichtige Erkenntnis, meint Lord Martin Rees. Er ist Königlich Astronom in Großbritannien und einer der Leiter von Breakthrough Listen: »Dann wäre unser Planet, dieser kleine blaue Fleck im dunklen All, tatsächlich



Radioteleskop

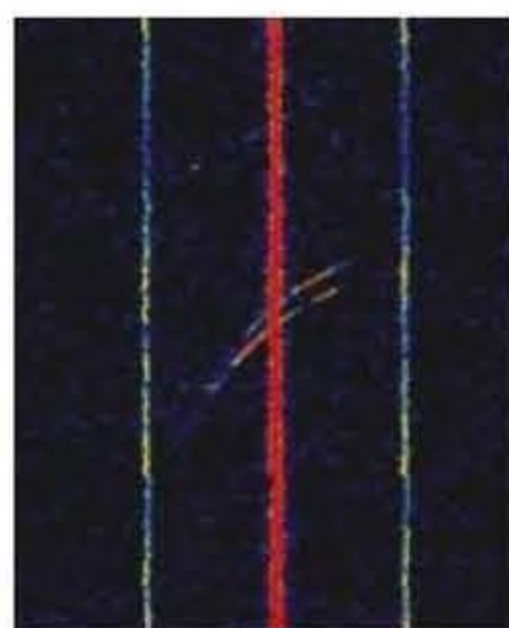
SCHAUEN MIT SCHÜSSEL

Radioteleskope wie dieses hier im englischen Cheshire suchen den Himmel nach elektromagnetischen Signalen im Radiowellenbereich ab. Der große Vorteil dieser Methode ist, dass Botschaften dieses Typs auch kosmische Nebel gut durchdringen. So können auch Regionen geprüft werden, aus denen es sichtbares Licht nicht bis zu unserer Erde schafft.

sollten wir lieber gleich das gesamte Internet ins All funken, meint Seth Shostak. Per Laser ginge das in nur drei Tagen. Dann könnten sich die Aliens nicht bloß ein umfassendes und realistisches Bild machen, sondern auch viele Fragen selbst beantworten, die eine einfache Nachricht aufwerfen würde.

5 Welche Folgen hätte die Entdeckung Außerirdischer auf unser Leben?

Der Brite Paul Davies leitet eine Arbeitsgruppe der International Academy of Astronautics. Im Rahmen des SETI-Projekts untersucht sie, welche gesellschaftlichen Auswirkungen es haben würde, falls Signale von Außerirdischen aufgefangen werden. »Natürlich wird es einen Medienhype geben, aber Panik eher nicht«, sagt er voraus. Die Forscher vermuten, das erste Signal werde nicht an die Menschheit gerichtet sein. Eher schnappen wir eine Nachricht der Aliens untereinander auf, ein Navigationssignal oder etwas in der Art.



Das kleine Signal im großen Rauschen

Wie wird die erste Nachricht von Außerirdischen aussehen? Wahrscheinlich wird sie eher unspektakulär sein: Das Bild oben zeigt die Signale, die ein Radioteleskop aufnimmt. Der rote Strich ist eine Anomalie – leider ist die Quelle aber in diesem Fall ein einfaches Flugzeug.

»Verstehen werden wir es nicht«, sagt Davies. »Stattdessen stolpern wir nur über eine Besonderheit in den Daten. Dann folgt ein langwieriger wissenschaftlicher Nachweis, bis die Experten sagen, sie seien zu 99 Prozent sicher, dass es für dieses Signal keine andere Erklärung gibt. Ähnlich wie beim Higgs-Boson, das erst postuliert und 50 Jahre später mit einer Restunsicherheit nachgewiesen worden ist.«

Die Entdeckung Außerirdischer wäre also kein Aha-Moment, sondern ein Prozess. »Selbst nachdem Gewissheit herrscht, ebbt der Hype aber wohl nach ein paar Wochen ab, dann schauen die Menschen lieber wieder Fußball«, glaubt Davies. »Gesellschaftliche Veränderungen zeigen sich erst nach Jahrzehnten oder Jahrhunderten. Im Alltag ändert sich wenig. Ein heftiger Anstieg des Bierpreises hat mehr Einfluss.«

Anders wäre es, wenn die Botschaft tatsächlich auf uns Menschen abzielt. Dann würde viel davon abhängen, ob sie

friedvoller Natur ist oder bösartig. »Letzteres könnte in der Tat Panik auslösen, doch auch eine friedvolle Nachricht wäre nicht unbedingt segensreich. Würden die Außerirdischen etwa eine Lösung für unsere Energieprobleme anbieten, kann auch das unsere Wirtschaft und Politik auf den Kopf stellen und Unruhen auslösen«, sagt Davies.

6 Wie könnten Außerirdische aussehen?

In Filmen nehmen Aliens alle möglichen Gestalten an, die meisten sind uns Menschen aber nicht unähnlich – Augen, Nase, Mund, zwei Beine, zwei Arme und so weiter. Diese Vorstellung ist auch laut Evolutionsforschern plausibel. Der Brite Simon Conway Morris hat in Büchern das biologische Prinzip der Konvergenz dargelegt: Unter ähnlichen Umständen sucht und findet die Natur immer wieder ähnliche Lösungen. Darum haben etwa Fledermäuse und Vögel unabhängig voneinander Flügel entwickelt. Und so dürften auch Aliens auf einem erdähnlichen Planeten ähnliche Körper wie unsere entwickeln und ihre Organismen auf Kohlenstoff, Aminosäuren und DNS basieren.

Astronom Martin Rees räumt jedoch ein, dass wir als Erstes womöglich gar nicht mit organischen Lebewesen in Kontakt treten: »Das Signal könnte von einem hochintelligenten Computer stammen, der von einer fremden Rasse gebaut wurde, die längst ausgestorben ist.«

Ein solcher Computer, entsandt von einer fremden Spezies und geparkt in unserer kosmischen Nachbarschaft, wäre eine Art Botschafter seiner Erbauer.

Post fürs Universum

MIT GOLDTAFELN INS ALL

Schon vor den neuen Bemühungen rund um SETI hat die NASA eine Art Flaschenpost in den Kosmos geschickt. Die interstellaren »Pioneer«-Raumsonden 10 und 11 flogen 1972 mit solchen Goldplaketten los. Die Gravur soll Außerirdischen erklären, wo unser Sonnensystem zu finden ist.





Früher verbot die Kirche Männern wie Galilei (links) den Blick ins All. Heute forscht der Vatikan selbst nach Außerirdischen.

Wir könnten ihm Fragen stellen und zeitnah Antworten erhalten. Es wäre zumindest eine erste Form von intergalaktischem Dialog.

7 Erschüttert es die Weltreligionen, wenn Außerirdische entdeckt werden?

Nicht jede Religion wird die gleichen Probleme mit den neuen Nachbarn haben. Das ist das Fazit eines gemeinsamen Projekts von Physikern und Theologen der Universität Bern: Die fernöstlichen Weltreligionen Hinduismus und Buddhismus stützen sich nicht auf einen Gott, der die Welt erschaffen haben soll. Hindus kennen auch keinen Propheten oder Erlöser, sie haben keine über allem stehende heilige Schrift wie die Bibel oder den Koran, stattdessen Weisheiten und Erfahrungen aus vergange-



Martin Rees leitet »Breakthrough Listen«

Der Königliche Astronom Großbritanniens hält es für möglich, dass sich keine Außerirdischen finden lassen. »Dann wäre unser Planet, dieser kleine blaue Fleck im dunklen All, tatsächlich der wichtigste Ort im ganzen Kosmos«, sagt Rees.

ner Zeit – keine unumstößlichen Gesetze. »Hindus wären insofern keineswegs überrascht von der Existenz Außerirdischer«, sagt David Weintraub, der sich in seinem Buch »Religions and Extraterrestrial Life« mit diesen Fragen beschäftigt hat. Ähnlich sehe es im Buddhismus aus: Er ist keine Gottesreligion, sondern ein Erfahrungsglaube, der sich auf ein spirituelles Vorbild bezieht, nämlich Buddha.

Auch das Judentum ist vergleichsweise kompatibel mit der Idee von Leben abseits der Erde. Das liegt daran, dass es sich nie wirklich mit dem Thema beschäftigt hat. Seine Aussagen zu außerirdischem Leben sind eher schwammig. Im Fall des Islam ist eine eindeutige Einordnung sehr schwierig: Zwar deutet der Koran in einigen Passagen an, dass intelligente Wesen in an-

deren Welten möglich sind, die ebenfalls Allah huldigen. Andererseits ist Prophet Mohammed nur auf Erden gewandelt. In anderen Welten müsste es demnach andere Propheten geben, die den Glauben an Allah verbreiteten. Und so existieren muslimische Strömungen, die die Menschheit nicht als Ausnahmeerscheinung sehen, und andere, die sie für das Zentrum allen Seins halten.


Den größten Schaden würde die Entdeckung von Außerirdischen wahrscheinlich dem christlichen Weltbild zufügen: Christen glauben an die Menschwerdung Gottes in Form von Jesus Christus. »Gott ist durch Jesus einer von uns geworden. Das ist ein einmaliges Ereignis in der Geschichte der Menschheit und des Universums«, sagt der offizielle Astronom des Papstes José Gabriel Funes, der selbst nach Außerirdischen sucht. Für diese kann das zweierlei bedeuten: Entweder sind sie frei von Sünde und brauchen keine Erlösung; oder auch bei ihnen müsste ein Jesus geboren, ans Kreuz genagelt werden und wiederauferstehen, um die Erbsünde aufzuheben – das aber sei eine absurde Vorstellung, meint der Fundamentaltheologe Armin Kreiner von der Universität München.

Er plädiert dafür, die Bibel auch als gläubiger Christ nicht allzu wörtlich zu nehmen. Man sollte die Bibel gemäß des aktuellen Wissensstands uminterpretieren. Wie weit dies jedoch gehen dürfe, sei für jeden Einzelnen eine Glaubensfrage. ■



Jan Berndorff glaubt nicht, dass wir Außerirdische finden. Wahrscheinlich leben sie einfach zu weit weg von uns.

KEIN WEG ZU WEIT



Mit Wasserstoffantrieb
ins All: Die Raumfähre Skylon
ist eine Mischung aus Flugzeug
und Space Shuttle.

**Raumschiff-Quartett:
das britische Raum-
flugzeug Skylon in Zahlen**



Mit seinem in die Jahre gekommenen Millennium Falken stößt Han Solo in ferne Galaxien vor. Die Menschheit von heute dagegen schafft es mit ihren Raumschiffen gerade mal 400 Kilometer tief in den Weltraum. Das soll sich ändern

TEXT: ALEXANDER STIRN

Hilfe, die Mühle ist ja nur Schrott!« Der junge Luke Skywalker findet wenig Gefallen an dem Raumfrachter, der ihn und das gesamte »Star Wars«-Universum wenig später retten wird. Und in der Tat wirkt der Millennium Falke, wie das Raumschiff heißt, ziemlich heruntergekommen. Doch trotz aller Macken ist der Falke zuverlässig und fliegt auch in der neuen Episode von »Star Wars« wieder über die Leinwand – als »schnellster Schrotthaufen der Galaxis«, wie Skywalkers Kumpel Han Solo sagt.

Die US-Raumfahrtbehörde NASA wäre froh, wenn sie in ihrem Fuhrpark so eine Schrottmühle hätte. Hat sie aber nicht, nicht einmal ansatzweise: Mehr als 46 Jahre nach der Mondlandung steckt die Menschheit im niedrigen Erdorbit fest: Lediglich Russen und Chinesen sind heute in der Lage, Astronauten in den Weltraum zu transportieren, und sie erreichen dabei gerade einmal eine Höhe von 400 Kilometern.

Weltweit arbeiten aber staatliche und private Stellen daran, das zu ändern – mit neuen Ideen, neuen Raumschiffen und neuen Technologien.

Noch sind Raumfahrer auf Technik aus den 60er-Jahren angewiesen: Die russische Sojus-Kapsel, das derzeit einzige Astronautentaxi zur Internationalen Raumstation ISS, absolvierte ihren bemannten Erstflug bereits 1967 – nach vielen Rückschlägen, bei denen sogar ein Kosmonaut ums Leben kam. Wie der Millennium Falke ist auch die Sojus solide, macht äußerlich aber nicht viel her.

Und wie das »Star Wars«-Raumschiff musste auch die russische Kapsel im Lauf der Zeit immer wieder modifiziert werden, zuletzt mit einem neuen Bordcomputer. Durch ihn verkürzt sich die Flugzeit zur ISS auf sechs Stunden; so wird der Crew viel Arbeit abgenommen.

Chinas Nachbau der Sojus heißt Shenzhou, das »Götterschiff«, und hat 2003 erstmals Menschen ins All gebracht. Es ist zwar größer und bietet Platz für vier Passagiere, davon abgesehen unterscheidet es sich aber kaum vom russischen Vorbild.

Die Amerikaner hingegen, die 2011 das flugzeugähnliche Space Shuttle in Rente geschickt haben, müssen sich ihre neuen Raumschiffe erst noch bauen: Sowohl der Luftfahrtkonzern Boeing als auch das private

Unternehmen SpaceX arbeiten derzeit im Auftrag der NASA an den nächsten amerikanischen Taxis zur ISS. Es werden altbewährte Raumkapseln, ähnlich der Sojus.

Boeings Starliner, dessen bemannter Erstflug im Juli 2017 geplant ist, wird nach getaner Arbeit zum Beispiel an Fallschirmen zurück zur Erde sinken – wie die Sojus und wie auch schon die Apollo-Kapseln des amerikanischen Mondprogramms. Große Airbags unter dem Raumschiff federn den Aufprall ab. An Bord sollen sieben Astronauten Platz finden.

Verglichen damit fällt Dragon V2 von SpaceX deutlich futuristischer aus – nicht nur bei der Innenausstattung, die an einen Sportwagen erinnert: Die Raumfahrer liegen in bequemen Kohlefasersitzen, ihre Steuerkonsole können sie von der Decke herunterklappen. Sie besteht aus flachen, berührungsempfindlichen Bildschirmen. Lediglich für die wichtigsten Funktionen im Notfall gibt es noch Knöpfe. »Wir haben versucht, die Bedienung und die gesamte Ästhetik so klar und einfach wie möglich zu gestalten«, sagt SpaceX-Gründer Elon Musk. ▶



**Schon heute mit
Antrieb der Zukunft**

Die US-amerikanische Raumsonde Dawn hat im Sommer 2015 den Zwergplaneten Ceres (zwischen Mars und Jupiter) erreicht. Ausgestoßene Xenon-Ionen geben ihr für die weite Reise den nötigen Schub.

401 056 km
Apollo 13

378 504 km
Apollo 11

MOND

Bescheidene Höhen der bemannten Raumfahrt

Auch wenn der erste Flug eines Menschen zum Mars vorbereitet wird: Bis heute ist noch niemand weiter als bis zum Mond gekommen. Die Entfernung dorthin: rund 400 000 km

400 km
ISS

315 km
Wostok 1

215 km
Sputnik

100 km
SpaceShipTwo

10 km
Flugzeug

ERDE

Mitte 2017 sollen erstmals Astronauten einsteigen. Nach erfolgreich absolvierter Mission landen sie nicht unter Fallschirmen, sondern mithilfe von Bremsraketen. Die stammen komplett aus dem 3-D-Drucker. Zudem soll Dragon V2, anders als Sojus, wiederverwendbar sein. »Solange wir Raumfahrzeuge wegwerfen, werden wir nie einen echten Zugang zum Weltraum bekommen«, sagt Musk.

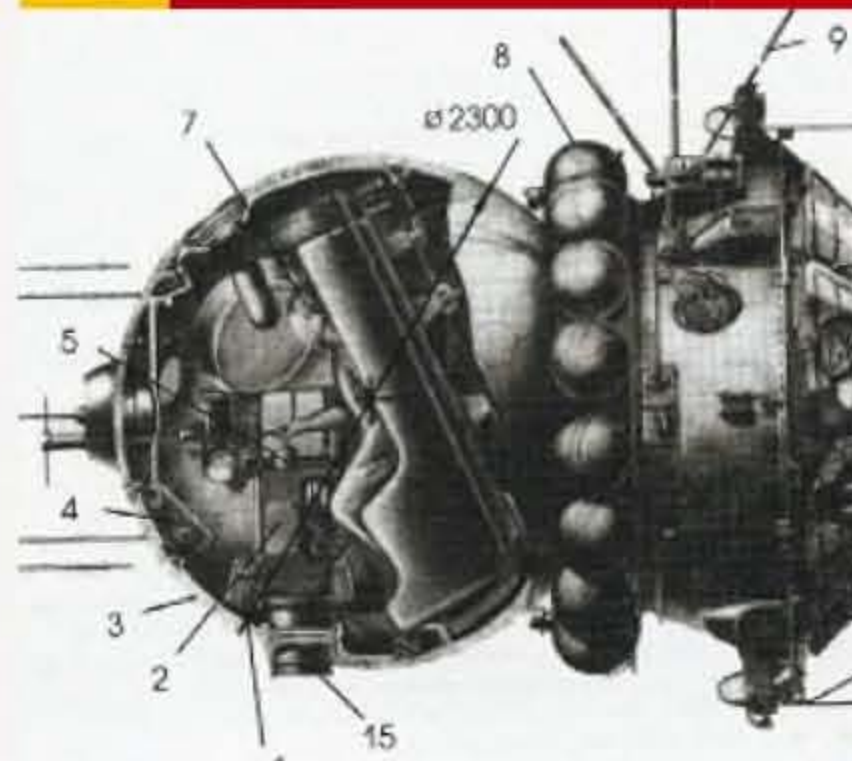
Für Flüge jenseits der ISS, die die Erde in nur 400 Kilometern Höhe umkreist, arbeitet die NASA an einem eigenen Raumschiff: Orion. Es soll die Amerikaner zwar nicht zu den Sternen, aber immerhin zum Mond und vielleicht sogar zum Mars befördern.

Das Konzept ähnelt dem der ersten Mondflüge. Auch Orion besteht aus einem Antriebsmodul und einer Kapsel für die Crew; mit knapp neun Kubikmetern Innenraum und Platz für vier Astronauten ist das neue Raumschiff aber 50 Prozent größer als die Apollo-Kapsel. Wie 1969 nach der Mondlandung wird Orions Rücksturz zur Erde im Pazifik enden, abgebremst von drei Fallschirmen. Den bemannten Erstflug peilt die NASA derzeit für 2023 an.

Die Russen arbeiten mit ihrer PPTS-Kapsel (»Prospective Piloted Transport System«) an einer ähnlichen Lösung für die Tiefen des Alls, wollen sich damit aber ein Jahr mehr Zeit lassen.

Egal ob Russen oder Amerikaner, private oder staatliche Initiativen – sie alle haben das gleiche Problem: den Antrieb. Während der Millennium Falke nach dem Abheben von einem Planeten seine beiden bläulichen

A1 Wostok 1



Masse:	4730 kg
Länge:	ca. 2,5 m
Innenraum:	ca. 6 m³
Crew:	1
Erstflug:	1961
Ziel:	eine Erdumkreisung

B1 Apollo



Masse:	11 900 kg
Länge:	11,0 m
Innenraum:	6,2 m³
Crew:	3
Erstflug:	1968 (bis 1975)
Ziel:	Mond

B2 Space Shuttle



Masse:	26 500 kg
Länge:	37,2 m
Innenraum:	74 m³
Crew:	8
Erstflug:	1981 (bis 2011)
Ziel:	niedriger Erdorbit

C1 Shenzhou



Masse:	7840 kg
Länge:	9,25 m
Innenraum:	14 m³
Crew:	4
Erstflug:	2003
Ziel:	niedriger Erdorbit

D1 Dragon V2



Masse:	4200 kg
Länge:	6,1 m
Innenraum:	10 m³
Crew:	7
Erstflug:	2017 (geplant)
Ziel:	ISS

A4 PPTS



Masse:	14 400 kg
Länge:	6,1 m
Innenraum:	17 m³
Crew:	6
Erstflug:	2024 (geplant)
Ziel:	Mond/Mars

A2 Sojus



Masse:	7150 kg
Länge:	7,48 m
Innenraum:	8,5 m³
Crew:	3
Erstflug:	1968
Ziel:	niedriger Erdborbit

D2 Starliner



Masse:	ca. 13 000 kg
Länge:	5 m
Innenraum:	keine Angaben
Crew:	7
Erstflug:	2017 (geplant)
Ziel:	ISS

B4 Orion



Masse:	12 700 kg
Länge:	ca. 6 m
Innenraum:	9 m³
Crew:	4
Erstflug:	2023 (geplant)
Ziel:	Mond/Mars

schimmernden Sublichttriebwerke zündet und damit durch die Atmosphäre und durchs All düst, brauchen irdische Raumschiffe eine Starthilfe: Riesige Raketen müssen die Kapseln in den Weltraum wuchten und ihnen die Geschwindigkeit für sämtliche Abenteuer mitgeben.

Unmengen an flüssigem Wasserstoff und Sauerstoff, Kerosin oder festen Treibstoffen werden dabei verfeuert. Für Orion entwickelt die NASA das Space Launch System, das in seiner finalen Ausbaustufe 130 Tonnen ins All transportieren soll. Die 111 Meter lange Rakete existiert bislang allerdings nur auf dem Papier.

Die Raumschiffe selbst haben zwar auch ein kleines Triebwerk, es wird aber nur benötigt, um den korrekten Kurs (zum Beispiel Richtung Mond) einzuschlagen, um vor Ort abzubremesen und dann wieder in Richtung Heimat zu beschleunigen. Während des Reiseflugs läuft es nicht, um Treibstoff zu sparen.

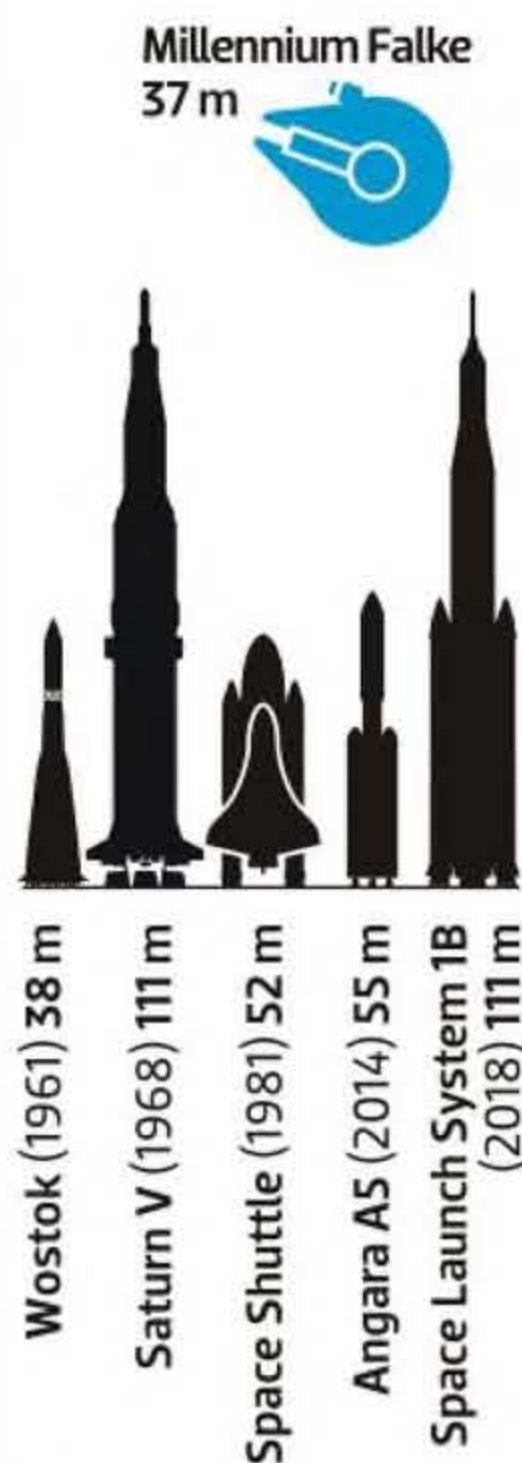
Doch auch hier gibt es neue Ideen: Unbemannte Raumfahrzeuge wie die NASA-Sonde Dawn, die 2015 den Zwergplaneten Ceres erreicht hat, beschleunigen kontinuierlich. Sie schleudern dazu geladene Teilchen (Ionen aus einem Plasma) nach hinten weg – ähnlich wie die meisten Raumschiffe in den »Star Wars«-Filmen. Der einzelne Ionen-Impuls ist winzig, doch mit der Zeit kumuliert sich eine beachtliche Geschwindigkeit.

Verfeinerte Konzepte wie das VASIMR-Triebwerk des Physikers und ehemaligen NASA-Astronauten Franklin Chang-Diaz arbeiten mit einem Plasma, das auf eine

FOTOS: NASA

Wer hat die Längste?

Bis heute unerreicht ist die Länge der Saturn-V-Träger-rakete, mit der die ersten Astronauten zum Mond flogen. Ihre Technik und die des relativ kleinen Space Shuttle sind Vorbild für das Space Launch System, mit dem die NASA 2018 erneut in Richtung Mond starten will.



Million Grad Celsius erhitzt und dann von einem Magnetfeld beschleunigt werden soll. Falls man eine brauchbare Energiequelle für das neuartige Aggregat findet, könnte VASIMR die Reise zum Mars in 39 Tagen möglich machen. Konventionelle Raumschiffe brauchen sechs Monate.

Noch einen Schritt weiter geht das britische Unternehmen Reaction Engines: Sein Skylon-Raumschiff kommt dem Millennium Falken sehr nahe – nicht weil es schäbig aussieht, sondern weil es wie ein Flugzeug abheben und dann ins All durchstarten soll.

Seine Triebwerke verwenden dazu bis in eine Flughöhe von 26 Kilometern den Sauerstoff der Luft; das spart Treibstoff und somit Gewicht beim Start. Erst dann – bei 5,4-facher Schallgeschwindigkeit – wird auf internen Sauerstoff und Wasserstoff umgestellt. Damit soll Skylon auf etwa 28 000 Kilometer pro Stunde beschleunigen, was für eine Erdumlaufbahn in ISS-Nähe reichen würde. Ein erster Testflug ist für das Jahr 2025 geplant.

In einem Punkt werden die neuen Raumfahrzeuge nicht mit ihren filmischen Vorbildern mithalten: bei der Bewaffnung. Der Millennium Falke hat Laserkanonen und Raketenwerfer an Bord. Dagegen ist die Feuerkraft der Sojus bescheiden. Einzige Waffe an Bord ist eine Pistole. Mit ihr könnte sich die Sojus-Crew bei einer Bruchlandung selbst verteidigen: gegen die Bären in Russlands Wäldern.

Unvergesslich für Alexander Stirn: In Cape Canaveral durfte er einmal den Start eines Space Shuttle miterleben.





Professor Dr. Wolfgang M. Heckl

ist Generaldirektor des Deutschen Museums und lehrt an der TU in München. Der Nanophysiker hat u. a. den Bestseller »Die Kultur der Reparatur« geschrieben.

HIER SCHREIBT HECKL über **Fantasie und Wissenschaft**

Beam me up, Scotty, there is no intelligent Life down here.« Der berühmte Pianist Lang Lang hat sich einmal genau diese Möglichkeit des Reisens gewünscht, des »Beamens«, um seiner Flugangst zu entkommen. Es gibt viele Versprechungen von Science-Fiction-Serien à la »Star Trek« (»Raumschiff Enterprise«), in denen neue und überragende technische Möglichkeiten genutzt werden, lange bevor sie unser Leben tatsächlich bereichern. Aber wie viel Science steckt tatsächlich in diesen Szenarien?

Ich behaupte, today's Science Fiction is tomorrow's Science Fact, und nur die den Naturgesetzen widersprechenden Ideen – wie Reisen mit Überlichtgeschwindigkeit oder die Energieerzeugung aus dem Nichts – werden weder früher noch später Realität sein.

Die Teleportation (»Beamen«) wird von Physikern heute experimentell im Labor getestet, allerdings nur an winzigen Quantenteilchen. Andererseits ist vieles, was in Science-Fiction-Romanen und -Filmen zur Zeit ihrer Entstehung als fantastische Version der Zukunft erdacht wurde, heute Teil der Alltagswelt: Lasertechnologie genauso wie vom Radar nicht zu erfassende Tarnkappenflugzeuge oder das Handy von Captain Kirk, Spock und Co.

Es ist wahr: Science-Fiction entfacht die Fantasie. Wer Visionen hat, sollte nicht zum Arzt gehen, er sollte ermutigt werden, sie so früh wie möglich durch Experimente oder Machbarkeitsstudien in die Tat umzusetzen. Wenn Kinder sich mit Science-Fiction



beschäftigen, kann das ganz sicher ein Schlüssel für spätere Karrieren in Wissenschaft, Technik oder Handwerk sein. Viele von uns, und so auch ich, haben als Kinder Perry Rhodan auf seinen fantastischen Reisen begleitet. Wir konnten dabei alles um uns herum vergessen, in fremde Welten eintauchen und die Zukunft besuchen. Als Junge habe ich immer davon geträumt, mit einem Hoverboard zu flitzen wie Marty McFly in »Zurück in die Zukunft«. Heute kann man dieses Board tatsächlich kaufen – auch wenn es nicht ganz die Fahreigenschaften des Originals besitzt. Noch nicht.

Gut, die Zeitmaschine gibt es noch nicht, und wer weiß, vielleicht wird es sie niemals geben, weil die Probleme der Logik, in die man mit ihr geraten würde, für Erfinder und Entwickler wahrscheinlich unlösbar sind: Denn was würde geschehen, wenn jemand die Vergangenheit verändern würde und sich im Gestern das Leben nähme? Dann könnte er ja im Heute nicht mehr existieren!

Science-Fiction kann im Übrigen auch soziale und politische Entwicklungen vorwegnehmen: Der Kuss eines Weißen und einer Schwarzen im amerikanischen Fernsehen war 1968 beinahe ein Skandal. Heute würde niemand mehr Captain Kirk und Lieutenant Uhura einen Vorwurf machen. Der offene Umgang mit dem Anderssein, wie ihn der Droide C-3PO in »Star Wars« zeigt, ist vorbildlich für den ersten kulturellen Kontakt mit fremden Wesen.

Und die dunklen Visionen? Können wir auch von dystopischen Zukunftsszenarien lernen? Selbst wenn ein Weltautor wie Michael Crichton in seinen Romanen vor den gefährlichen Segnungen der modernen Technik warnt – wichtig wird immer bleiben, mit Fantasie die Chancen des Fortschritts zu betonen. ■

Die besten Geschichten aus der Geschichte – in P.M. HISTORY.

Jetzt 3 x P.M. HISTORY mit 34 % Ersparnis testen und Geschenk sichern.



**3 Hefte
+ Geschenk!**

Ein spannendes Abo!

Ihre Test-Vorteile:

- 34 % Ersparnis
- Dankeschön zur Wahl
- Keine Ausgabe verpassen
- Portofrei nach Hause

Mit P.M. HISTORY Geschichte erleben.

Europas größtes Monatsmagazin für Geschichte lässt die Vergangenheit lebendig werden. In jeder Ausgabe erzählen Reporter von großen historischen Ereignissen und faszinierenden Personen.

Jetzt online gehen und aus der großen Geschenkwelt wählen:



Edelstahl-Thermoset, 4-tlg.



Amazon.de-Gutschein
Wert: €5,-



Bit&Tool-Set „Colour“



Sporttasche „Dome“,
schwarz/blau

Direkt zum Angebot:

www.pm-history.de/testen

Oder anrufen unter:

+49 (0)40 / 55 55 89 80

Bitte die Best.-Nr. angeben!
P.M. HISTORY testen: 142 1625



QR-Code
per Smart-
phone
scannen
und Angebot
sichern!

IM LABOR GOTTES

Das Vorhaben klingt verrückt – und unmöglich: Ein Harvard-Professor will das Mammut wieder zum Leben erwecken. P.M. hat den Mann besucht

TEXT: CLAUDIA BODIN

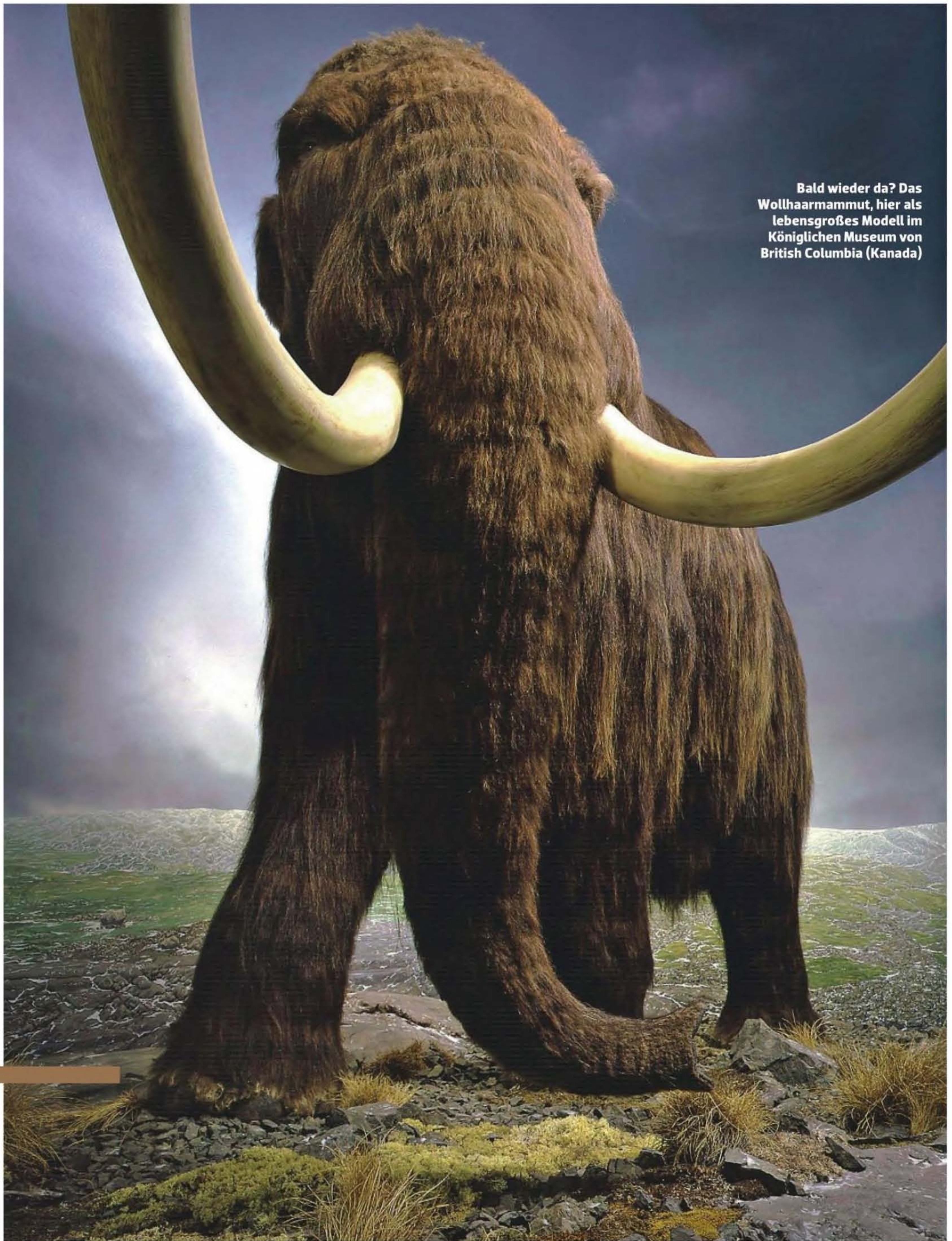
Bei Gott auf der Arbeit herrscht Chaos. Reagenzgläser und Plastikbehälter, die mit unterschiedlichen Lösungen gefüllt sind, nehmen jeden verfügbaren Platz in den Regalen und auf den Arbeitsflächen der labyrinthartigen Labore ein. Mitten in der Unordnung sitzen seine jungen Helfer und beugen sich über ihre Laptops. Sie laufen in weißen Kitteln herum, um Bakterienproben und Zellkulturen in Gefrierschränke zu verfrachten oder um sie unter dem Mikroskop zu begutachten.

Hier auf dem Campus der medizinischen Fakultät der Eliteuniversität Harvard in Boston arbeiten 100 Zellbiologen, Genetiker und andere Forscher daran, das ausgestorbene Mammut wiederzubeleben. Der Kopf hinter dem Vorhaben ist George Church, ein Biotech-Genie, von dem manche sagen, dass er mit seinem Vorhaben vor allem eins versuche: Gott zu spielen.

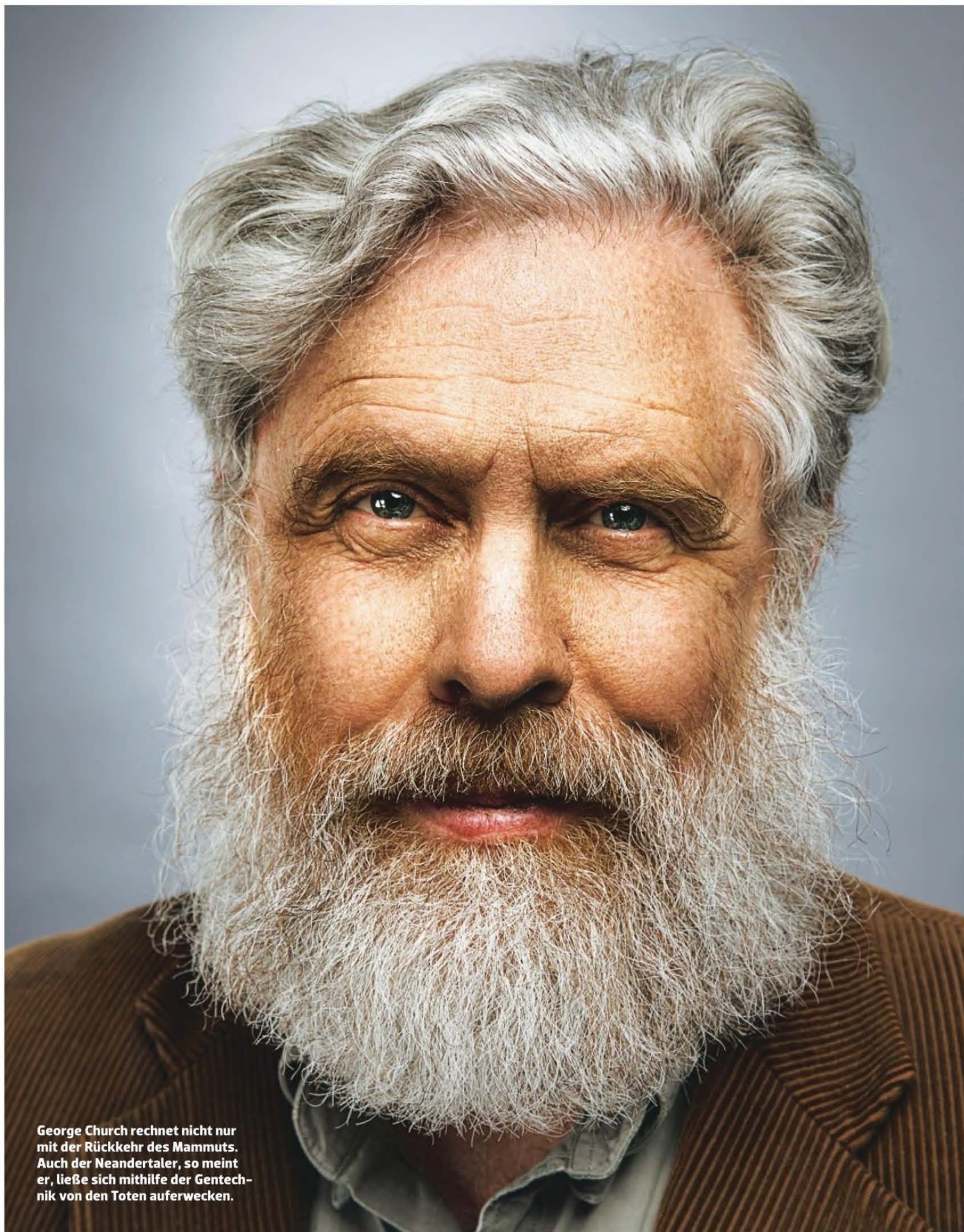
Der Allmächtige ist 61 Jahre alt und füllt mit seinen fast zwei Metern das winzige Eckbüro aus, das sich an eines seiner drei Labore anschließt. Er hat dichtes silbergraues Haar und einen vollen Bart, hinter dem sich gern ein Schmunzeln verbirgt. Denn viele der Vorbehalte, die dem Professor für Genetik entgegenschlagen, amüsieren ihn. »Die Menschheit nimmt ihr Schicksal nicht hin. Das macht unsere Geschichte aus«, sagt Church und spielt in aller Ruhe mit einem der Molekülmodelle, die auf seinem Tisch liegen. »Uns unterscheidet von Tieren, dass wir für die Zukunft planen und sie verändern. Wir sind gut darin. Natürlich vermasseln wir einiges. Aber wenigstens akzeptieren wir Menschen die Dinge nicht so, wie sie sind.« ▶



Haare eines echten Mammuts, die im Zoologischen Museum des University College in London ausgestellt sind



Bald wieder da? Das Wollhaarmammut, hier als lebensgroßes Modell im Königlichen Museum von British Columbia (Kanada)



George Church rechnet nicht nur mit der Rückkehr des Mammuts. Auch der Neandertaler, so meint er, ließe sich mithilfe der Gentechnik von den Toten auferwecken.

Bei diesem Mammutmodell aus dem 19. Jahrhundert zeigen die Spitzen der Stoßzähne nach außen statt nach innen. Der Quell des Fehlers: Beim ersten öffentlich ausgestellten Mammutskelett, das erstmals 1808 in Sankt Petersburg zu bewundern war, hatte der Präparator die Stoßzähne falsch herum montiert.



»Wir könnten nicht nur das Mammut wiederbeleben – sondern auch den Asiatischen Elefanten vor dem Aussterben bewahren.«

George Church

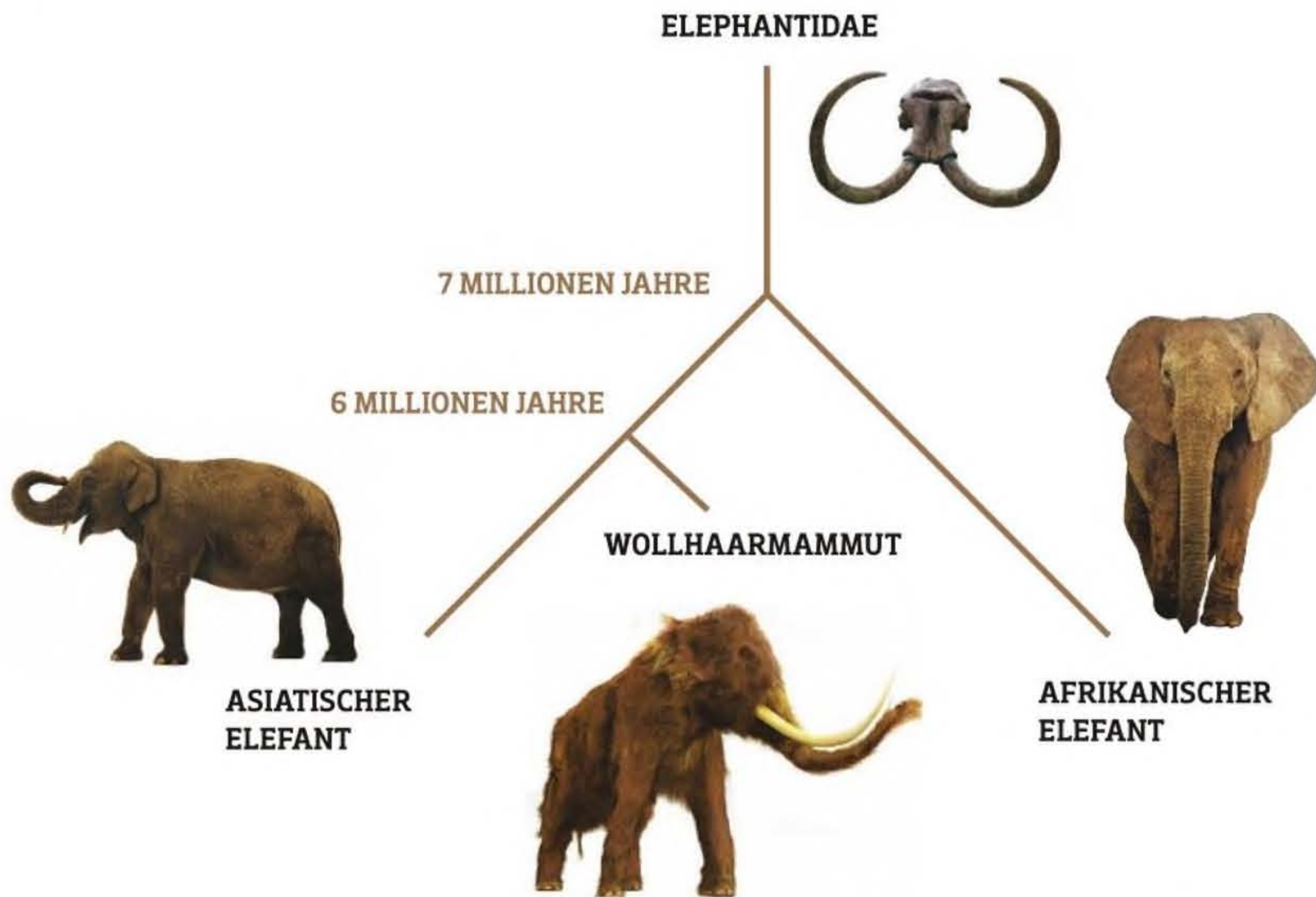
Schon seit Jahren gehört Church zu den Forschern, die an vorderster Front der Genetik arbeiten und unter anderem versuchen, ausgestorbene Arten wiederzubeleben. Im Großen und Ganzen gelten für das Mammutprojekt bislang zwei Wege als erfolgversprechend. Entweder bräuchte es eine Zelle mit vollkommen intaktem Zellkern, der im Körper eines im sibirischen Permafrost eingefrorenen Mammut überlebt hat. Das ist der Weg, auf den Teams in Südkorea, Russland und Japan setzen. Oder die Forscher müssten das Genom eines Elefanten so trickreich manipulieren, dass es mammutartig wird. Das ist der Weg, den Church und seine Mannschaft gehen wollen. Beides schien bis vor

Kurzem schwierig bis geradezu utopisch zu sein. Doch eine neue Methode in der Genetik hat die Chancen für Churchs Mammutprojekt verbessert.

CRISPR-Cas heißt das Verfahren und lässt sich am besten mit einer molekularen Schere vergleichen. Die Schere besteht aus dem Enzym Cas9 und einem speziell programmierten RNA-Molekül, dem chemischen Cousin der DNA. Schleust man dieses Duo in eine Zelle, steuert das RNA-Molekül jenen Ort in der DNA an, der zu ihm passt und zieht das Cas9-Enzym mit sich. Dort angekommen, schneidet das Cas9 dann die gewünschte DNA-Sequenz aus. Andere Sequenzen können an diese Stelle eingefügt werden, um die Funktion der Zelle zu verändern. »Wir tricksen die Zelle aus, indem wir sie sich so reparieren lassen, wie wir es wollen«, erklärt Joe Getsy, einer der Gaststudenten im Church-Team.

Dieses Jahr gelang Church und seinen Leuten mithilfe von CRISPR-Cas eine kleine Sensation. Nachdem andere Forscherteams Wollhaarmammut aus dem sibirischen Eis geborgen und das Erbgut der Urtiere extrahiert hatten, konnte Churchs Mannschaft die DNA des Tiers kopieren und im Detail analysieren. Die Forscher identifizierten schließlich 15 Gene, die das Mammut von seinem nächsten Verwandten, dem Asiatischen Elefanten, unterscheiden. Gene, die für sein dichtes Fell, kleine Ohren und Unterhautfett sorgen, wie Church erklärt. Churchs Team schnitt nun mithilfe der CRISPR-Cas-Schere genau diese Gene aus dem Erbgut des Mammut heraus und setzte sie in die Zellen eines Asiatischen Elefanten ein. Fertig waren die Hybridzellen aus Elefant und Mammut. Ein Erfolg, der dem Forscher Schlagzeilen einbrachte. Mittlerweile ist wieder Ruhe in Churchs Labore eingeleitet. Das Team testet, wie gut der Mix aus Elefanten- und Mammutgenen gelungen ist. »Wir überprüfen zum Beispiel, ob die Gene für die Behaarung wirklich zu Haaren der richtigen Farbe, Länge und Dichte führen«, erklärt Bobby Dhadwar, einer der Forscher in Churchs Mannschaft.

Wenn alles klappt, wird Churchs Team bald höher entwickelte Embryos in der Petrischale züchten und schließlich in einem speziellen Brutkasten zu einem ausgewachsenen Elefanten-Mammut-Baby entwickeln. Würde all das funktionieren, wäre der Hybrid das erste lebende Wesen mit Mammutgenen, seit das letzte behaarte Rüsseltier vor ungefähr 3500 Jahren über die Erde lief. ►



Die Familie der Elephantidae umfasst alle Elefanten und Mammute. Vor sieben Millionen Jahren spaltete sich der Stammbaum zwischen Afrikanischem Elefanten und dem gemeinsamen Vorfahren von Mammut und Asiatischem Elefanten auf. Vor sechs Millionen Jahren gingen der Asiatische Elefant und das Mammut evolutionär getrennte Wege.



Backenzahn eines Mammuts

Dieser Zahn wurde in den Niederlanden gefunden und stammt von einem Tier, das vor mindestens 10 000 Jahren starb. Die Kauflächen zeigen, dass auch diese frühen Vorfahren der heutigen Elefanten Pflanzenfresser waren.

Natürlich klingt Churchs Vorhaben verrückt. Schon das Klonen lebender Arten ist schwierig genug. Allein 273 Versuche waren nötig, bis das Schaf Dolly geboren wurde. Im Fall des Mammuts kommt neben den Komplikationen des Klonens hinzu, dass das Tier nicht im Körper eines Muttertiers groß werden soll, sondern in eben jenem Brutkasten, der noch nicht einmal entwickelt ist. Doch wieder einmal schmunzelt Church die Bedenken weg. Es werden sich Lösungen finden, sagt er. Und irgendwie begreift man Churchs Optimismus. Schließlich ist der Querkopf dafür bekannt, Unmögliches wahr zu machen.

Churchs Hang zum Außergewöhnlichen begann bereits in jungen Jahren an der Duke University in North Carolina, wo er in nur zwei Jahren zwei Abschlüsse (in Zoologie und Chemie) gleichzeitig machte. Anschließend verbrachte er so viel Zeit damit, an bahnbrechenden Studien zur Struktur von RNA zu arbeiten, dass die Universität ihn schlichtweg rauswarf – Church hatte bis zu 100 Stunden pro Woche im Labor getüftelt und dabei versäumt, Pflichtkurse zu besuchen. Doch obwohl der junge Forscher damit von der Hochschule flog, für Church ging es rasch weiter nach oben, in die nächste Sphäre der Forschung.

Die Eliteuniversität Harvard erkannte das Genie im jungen Church und nahm ihn in der Abteilung für Biochemie und Molekularbiologie auf, wo er an der Seite von Nobelpreisträger Walter Gilbert eine Methode entwickelte, mit der man Millionen DNA-Stücke gleichzeitig entschlüsseln kann. In den späten 80ern half Church dann, das internationale

»Human Genome Project« zu organisieren. Ziel war es, die 3,4 Milliarden Basenpaare des menschlichen Erbguts zu identifizieren. 2003 gelang es – auch das dank seiner Arbeit. So folgte in Churchs Karriere Triumph auf Triumph. Selbst wenn er aus Spaß etwas macht, entsteht Bahnbrechendes.

Vor ein paar Jahren versuchte er aus reiner Neugier, eines seiner Bücher in Form von synthetischer DNA zu speichern. Nachdem er in einer Talkshow vorführte, dass er 70 Milliarden Kopien des Buches in einem Punkt DNA abgelegt hatte und erklärte, wie viel länger als jedes andere Speichermedium DNA haltbar ist, standen diverse Firmen bei ihm auf der Matte. Sie fragten, ob er gemeinsam mit ihnen das Verfahren weiterentwickeln wolle, um die Informatik zu revolutionieren.

Heute umgibt sich Church bevorzugt mit jungen Kollegen. Weil sie bei seinen wilden Visionen mit ihm abheben. Weil sie keine Risiken scheuen. Weil sie sich nicht an Regeln klammern und sich nicht von irgendwem erzählen lassen, was unmöglich ist. Und so macht es Church auch mehr Spaß, über das mögliche Ergebnis seiner Arbeit zu reden als über die Probleme, die noch bis zum wiederbelebten Mammut überwunden werden müssen.

Für ihn, so sagt Church, sei ein kältebeständiger Elefant mit beachtlicher Haarmähne ein zufriedenstellender Klon. Mit der Zeit, so glaubt er, werde dann jemand besessen genug sein, das erste Hybridmammut so weiterzuzüchten, bis schließlich ein Tier entsteht, das komplett identisch mit seinen Vorbildern ist. In Sibirien hat

WAHRE VERBRECHEN. WAHRE GESCHICHTEN.

Das True-Crime-Magazin vom *stern*. Jetzt im Zeitschriften-Handel.



// Nr. 04 Wahre Verbrechen

Crime

NEU

DER PREIS DER WAHRHEIT

Eine Frau geht in
eine Fernsehshow.
Und bringt sich
damit in tödliche
Gefahr

VERFLUCHTER REMBRANDT

Ein Mann stiehlt
ein Meisterwerk.
Und danach
gerät sein Leben
aus den Fugen



STEPHEN KING

Exklusiv
Ein Kurzkrimi
des Meisters

DER STILLE NACHBAR

Er liebt es zu töten.
Am liebsten Menschen, die er kennt



Die Mumie eines weiblichen Mammut, das vor 45 000 Jahren im sibirischen Eis tiefgefroren wurde

die russische Regierung tatsächlich schon ein Areal bereitgestellt, in dem solche Mammuthybriden ungestört grasen und pflügen könnten.

Doch wird das alles so funktionieren? Andere Forscher bezweifeln, dass es ausreicht, einige Klone zu kreieren und sie dann auszusetzen. Sie glauben, dass zum Beispiel die Bakteriensiedlungen im Darm oder Maul der Rüsseltiere angepasst sein müssten, damit sie die Steppengräser der Tundra verdauen können. Sonst würden die Klone schnell eingehen. Der Forscher Paul Ehrlich von der Stanford University hält Churchs Projekt gar für Zeitverschwendung. »Die Wiederbelebung ausgestorbener Tierarten ist eine faszinierende,

aber dumme Idee, die die Ressourcen für die Rettung gefährdeter Arten und ihres Lebensraums verringert«, meint er.

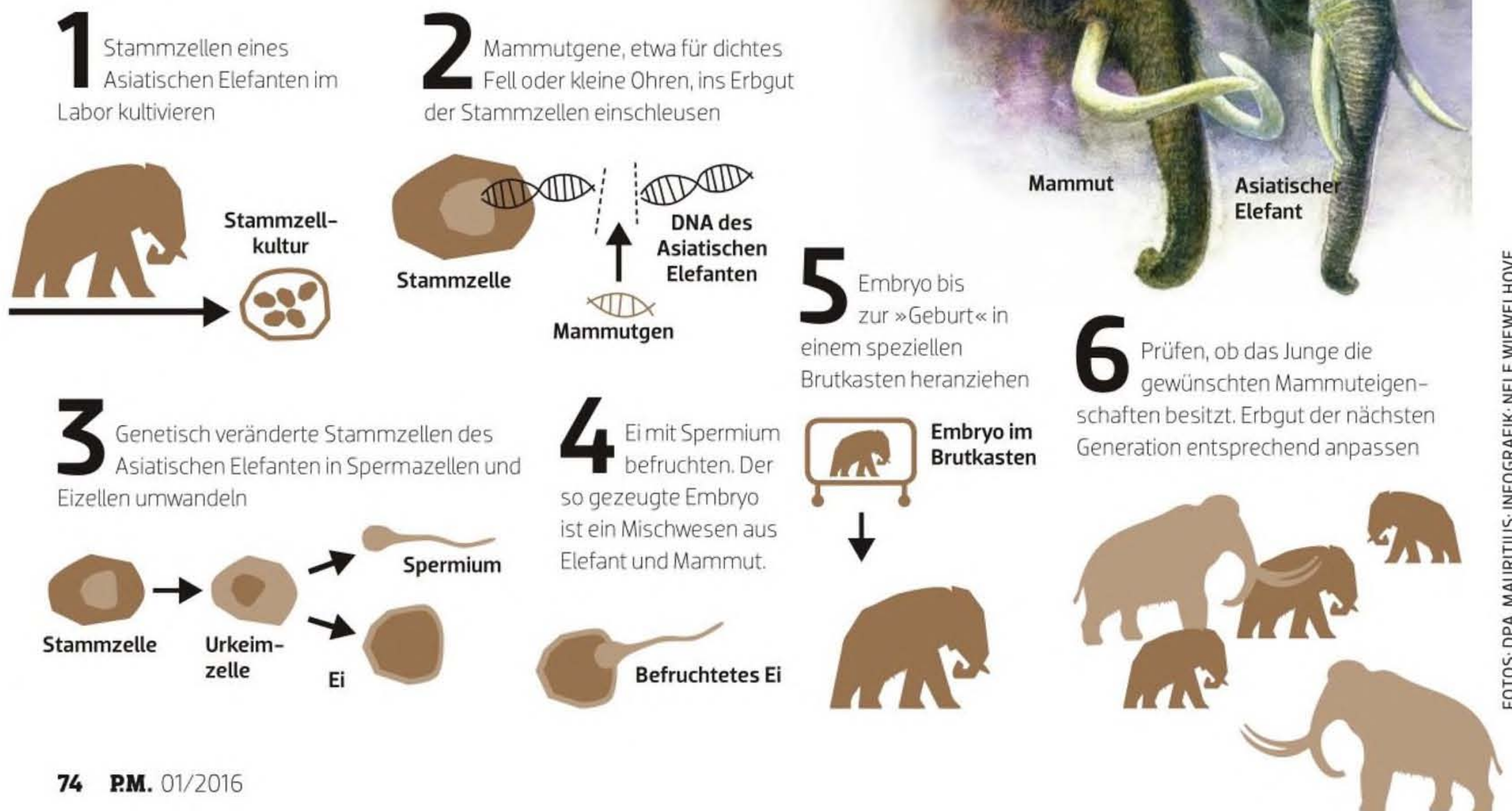
Church hat für seine Zweifler eine Antwort parat, die einen zunächst stutzen lässt. Mit seinem Projekt könne er nicht nur das Mammut wiederbeleben. »In dem Moment, in dem wir die Vielfalt erweitern und die Tiere in Kälte und in Gegenden leben können, wo keine Menschen sind, profitiert auch der Asiatische Elefant davon«, sagt Church. Ein Asiatischer Elefant, so die Idee, der mammutartiger ist, könnte in der sibirischen Tundra überleben. Was bedeutet, dass sich Church an der Feinmechanik der Evolution zu schaffen machen würde. So wie ein Gott, der seine Hand über seine Schöpfung hält.

Claudia Bodin ließ sich im Labor in Boston auch die berühmten Elefant-Mammut-Zellen von George Churchs Team vorführen.



Ein Mammut aus der Petrischale

DIE METHODE CHURCH Das Tier, das George Church erschaffen will, ist ein gentechnisch erzeugtes Mischwesen aus Mammut und Elefant. In sechs Schritten plant er den Hybriden zum Leben zu erwecken:



Werben Sie jetzt einen Leser für die Zukunft.

Überzeugen Sie einen Freund von der neuen P. M.
und wählen Sie eine exklusive Prämie.



P. M. mit allen Vorteilen empfehlen:

- ✓ 12 x Lieferung frei Haus
- ✓ Gratis-Heft bei Bankeinzug
- ✓ Prämie zur Wahl für den Werber
- ✓ Keine Ausgabe verpassen

Prämie
zur Wahl!



1. + 2. | JET-Tankgutschein

- Deutschlandweit auftanken
- Guthaben aufteilbar und unbegrenzt gültig

Für 1 Jahr P.M. Magazin: 35,- € (1)
Für 2 Jahre P.M. Magazin: 60,- € (2)



3. + 4. | BestChoice-Gutschein

- Über 200 Partner innerhalb Deutschlands
- Betrag zwischen verschiedenen Anbietern aufteilbar

Für 1 Jahr P.M. Magazin: 35,- € (3)
Für 2 Jahre P.M. Magazin: 60,- € (4)



5. + 6. | Amazon.de-Gutschein

- Für die nächste Online-Shopping-Tour.
- Riesige Auswahl an Büchern, DVDs, CDs u.v.m.

Für 1 Jahr P.M. Magazin: 35,- € (5)
Für 2 Jahre P.M. Magazin: 60,- € (6)

Gleich online bestellen und Prämie sichern:

www.pm-magazin.de/praemie

Oder telefonisch unter +49 (0)40 5555 89 80

Bitte die Bestell-Nr. angeben.

Für eine 1-Jahres-Empfehlung: 139 5865 Für eine 2-Jahres-Empfehlung: 139 5866

Visionen aus dem Valley

Google gilt als übermächtige Datenkrake, die mit Internetwerbung Milliarden verdient. Doch die Aktivitäten des Konzerns beschränken sich längst nicht mehr auf die Suche im Netz: Heute arbeitet Google am selbstfahrenden Auto wie an der digital vernetzten Stadt und fördert auch ehrgeizige Forschungsprogramme, die das Altern aufhalten sollen. Der Konzern will nichts weniger, als die Welt zum Besseren zu verändern. Das ist die



Kernthese von Thomas Schulz, der im Silicon Valley als Korrespondent des »Spiegel« arbeitet. In seinem Buch gibt er Einblicke in die vielen durchaus interessanten Projekte von Google – und in die manchmal beängstigenden Visionen eines Konzerns, der von der Vorstellung getrieben ist, dass alle Probleme dieser Welt letztlich mit neuen Technologien zu lösen seien.



Thomas Schulz
Was Google wirklich will.
Deutsche Verlagsanstalt,
336 Seiten, 19,99 Euro

Bloß nicht



Manfred Lütz
Wie Sie unvermeidlich glücklich werden.
Gütersloher Verlagshaus,
192 Seiten, 17,99 Euro

KEIN REZEPT FÜR GLÜCK

Jeder will glücklich sein. Es gibt Hunderte Bücher, die zeigen wollen, wie es geht. Nun hat auch der Psychiater Manfred Lütz eins geschrieben, einen »Anti-Ratgeber«, wie er im Vorwort meint. Tatsächlich aber plaudert sich der Autor bloß durch die Philosophiegeschichte und erzählt Anekdoten aus seinem Alltag als Psychiater. Sein Buch erschöpft sich in der Binsenweisheit, dass jeder sein eigenes Glück finden muss.



ALGORITHMEN

Von der Suchmaschine bis zum Navi: Der Mathematiker **Sebastian Stiller** erklärt unterhaltsam, was Algorithmen sind und was sie ausrichten, wenn sie unseren Alltag bestimmen.

Planet der Algorithmen.
Albrecht Knaus, 256 S.,
14,99 Euro



ALGEN

Tiere und Pflanzen bilden oft bizarre Lebensgemeinschaften. Der Biologe **Ewald Weber** beschreibt die interessantesten Phänomene – zum Beispiel Fische, die sich als Algen tarnen.

Der Fisch, der lieber eine Alge wäre. C. H. Beck, 245 S., 19,95 Euro



ALLWISSEND

Das ist die Frage aller Fragen: Gibt es Leben in fernen Galaxien? Kann sein. Die österreichische Spitzenastronomin **Lisa Kaltenegger** beschreibt den aktuellen Forschungsstand.

Sind wir allein im Universum? Ecowin, 208 S., 19,95 Euro



ALBERT

Als Einstein 1916 die allgemeine Relativitätstheorie veröffentlichte, stand die Welt in Flammen, wie **Thomas de Padova** beschreibt. Ein spannendes Stück Physik- und Zeitgeschichte.

Alone gegen die Schwerkraft. Carl Hanser, 312 S., 21,90 Euro



ALLTAG

Warum knistert ein Lagerfeuer? Wie kommen die Löcher in den Käse? Und was tun, wenn der Tisch wackelt? Der Physiker und Journalist **Hubert Filser** beantwortet unterhaltsam Fragen zu Phänomenen des Alltags.

Aha! Droemer, 424 S., 16,99 Euro

Zum Hören



ALLES

Gefühle, Evolution, Sinn des Lebens, große Entdecker und vieles mehr: 60 Features in rund 22 Stunden vom Bayerischen Rundfunk – eine Fundgrube des Wissens, mit Musik und vielen O-Tönen.

Die ganze Welt des Wissens 2. Der Hörverlag, 20 CDs, 69,99 Euro

JJJJJ großartig

JJJJJ lesenswert

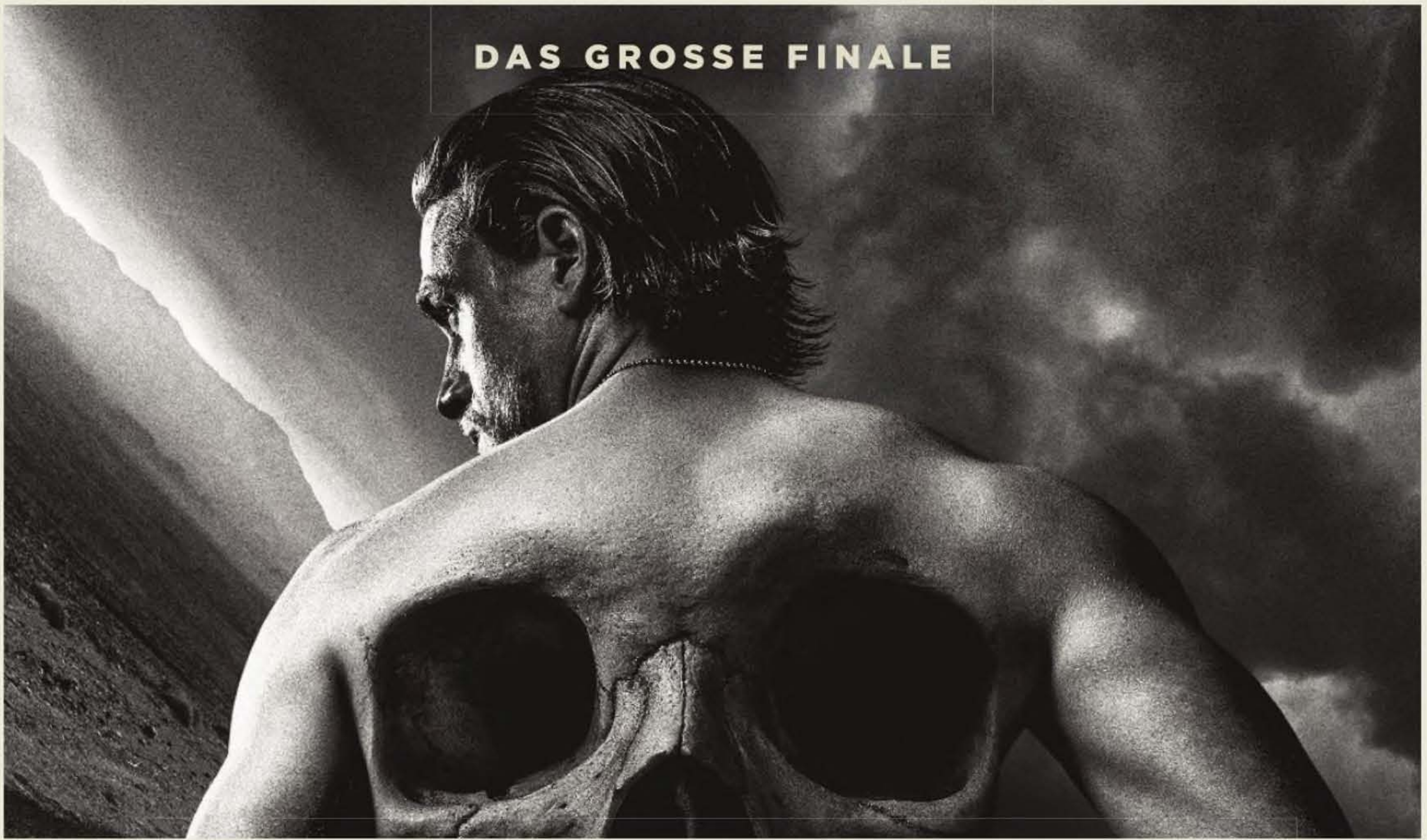
JJJJJ okay

JJJJJ verzichtbar

JJJJJ ärgerlich

JJJJJ geht gar nicht

DAS GROSSE FINALE



SONS OF ANARCHY

DIE SIEBTE STAFFEL IN DEUTSCHER ERSTAUSSTRAHLUNG

23. - 26. DEZ ▶ AB 22:00



7MAXX
DIFFERENT.

ÜBERALL KOSTENLOS EMPFANGBAR.

PROSIEBENMAXX.DE



FOTOS: GETTY IMAGES, YVETTE KOUNIOS

»EINE EXPLOSION DES BEWUSSTSEINS«

Wie kommt das Gehirn auf bahnbrechende Ideen? Und lassen sich plötzliche Eingebungen womöglich gezielt herbeiführen? Der US-Neurowissenschaftler John Kounios über das Wunder der Erleuchtung

INTERVIEW: MARTIN TZSCHASCHEL

Herr Kounios, wenn Menschen Aha-Erlebnisse haben, werden sie von Glücksgefühlen durchflutet. Wie ist das zu erklären?

Unter Kognitionspsychologen gab es lange Diskussionen darüber, ob plötzliche Einsichten wirklich eine einzigartige Gedankenform sind. Wir haben deshalb Neuro-Bildgebung eingesetzt, um herauszufinden, ob bei den Aha-Erlebnissen andere Gehirnregionen aktiv sind als bei analytischem Denken oder ob vielleicht gar kein Unterschied besteht – ob es sich also bei Einsichtserlebnissen womöglich nur um analytische Gedanken handelt, die mit Emotionen angereichert sind.

Und? Was haben Sie gefunden?

Aha-Effekte zeigen sich im EEG als Gamma-Wellen im rechten Temporallappen des Gehirns. Diese hochfrequenten Signale sind sonst typisch für starke Konzentration oder andere Denkprozesse.

Was hätte es für eine Rolle gespielt, wenn diese Signale nicht im Temporallappen, sondern in einer anderen Hirnregion aufgetaucht wären?

Dieser Bereich des Gehirns wird aktiv, wenn ein Mensch entfernt miteinander in Beziehung stehende Vorstellungen hat, also zum Beispiel einen Witz oder ein Wortspiel versteht. Wenn diese Gehirnregion geschädigt ist, verhindert das kreative Denkleistungen. Dann wird etwa der Satz »Thomas ging in den Laden, um Milch zu kaufen« nicht verstanden – weil das Gehirn nicht ergänzt, dass es in dem Laden Milch gibt und dass Thomas Geld hat.

Bezeichnen Sie diesen simplen Vorgang bereits als kreative Leistung?

Ja. Das ist eine Form der Kreativität, die Lücken erkennt oder auffüllt. Es erfordert Kreativität, zwischen den Zeilen lesen zu können. Was Aha-Erlebnisse besonders macht, ist, dass diese Gedanken abrupt und unerwartet kommen und dass sie es ermöglichen, Situationen neu zu betrachten. Das damit verbundene positive Gefühl ist intensiv. In gewisser Weise »explodiert« das Bewusstsein.

Sie meinen, es kommt zu einer Art innerem »Heureka!«-Ausruf – diesem Hochgefühl, ►



Kreativitätsforscher

John Kounios, 59, ist Professor für Psychologie an der Drexel University im US-Staat Philadelphia. Er beschäftigt sich seit über 20 Jahren mit der Entstehung kreativer Denkprozesse und gehört zu den führenden Wissenschaftlern auf diesem Gebiet.

das schon Archimedes erfüllte, als er in der Badewanne das Prinzip des Auftriebs begriff?

Leider können wir keine Forscher in die MRT-Röhre schieben oder ans EEG anschließen und darauf warten, dass sie ein Aha-Erlebnis haben. Aber das Heureka-Gefühl eines Wissenschaftlers, der Weltbewegendes entdeckt hat, unterscheidet sich nicht von dem eines Menschen, der seinen Computer wieder zum Laufen bekommen hat.

Ideen sind nicht per Knopfdruck abzurufen. Wie haben Sie denn die Aha-Effekte erzeugt, die Sie messen wollten?

Wir haben verbale Puzzles verwendet, zum Beispiel Anagramme, also Schüttelwörter, die entstehen, indem man die Buchstaben eines Wortes neu zusammensetzt. Oder wir haben den Testpersonen drei Wörter genannt, und sie sollten ein dazu passendes viertes finden.

Können Sie ein Beispiel nennen?

Zu den drei Begriffen Kuchen, Kompott und Pferd passt zum Beispiel »Apfel«: Apfelkuchen, Apfelkompott, Pferdeapfel.

Mal angenommen, Ihrer Versuchsperson fällt so ein gesuchtes Wort ein: Wie gehen Sie dann weiter vor?

Es gibt zwei Wege, wie ein Proband eine solche Aufgabe lösen kann: Der eine ist analytisch – man erwägt systematisch verschiedene Möglichkeiten, bis man die richtige gefunden hat. Die andere Möglichkeit: Die Lösung taucht als plötzliche Eingebung auf. Wenn jemand eine Aufgabe gelöst hat, fragen wir ihn, auf welchem dieser beiden Wege das geschehen ist. Auf diese Weise erhalten wir zwei Gruppen und vergleichen deren Gehirnaktivitäten.

Das Wort »Apfel« zu entschlüsseln ist nicht das, was landläufig unter Kreativität verstanden wird. Was passiert im Gehirn, wenn jemand die Lösung für ein mathematisches Problem gefunden hat – ihm also sozusagen ein Licht aufgeht?

Ich erzähle Ihnen eine Anekdote, in der Steve Jobs eine Rolle spielt: Der ehemalige Apple-Chef erklärte seinen Ingenieuren, die den ersten iPod bauen sollten, dass das geplante Gerät zu groß sei. Sie konstruierten eine kleinere Version, und Jobs fand, sie sei immer noch zu groß. Daraufhin meinten die Ingenieure, es sei technisch nicht möglich, das Gerät

»Kreatives Denken ist zerbrechlich.«

John Kounios

weiter zu verkleinern. Das Team diskutierte, bis Jobs plötzlich aufsprang und den Prototypen in ein Aquarium warf. Der iPod ging unter, und Blasen stiegen auf. Sofort war allen klar: Es gab Hohlräume in dem Gerät, also überflüssigen Platz – man könnte es doch kleiner bauen.

Was geschieht in so einem kreativen Moment im Gehirn?

Neben dem schon erwähnten rechten Temporalappen, der besonders aktiv ist, wenn ein Problem durch einen Aha-Effekt gelöst wird, sind im Gehirn verschiedene Schaltkreise beteiligt.

Sie fanden bei Ihren Untersuchungen mittels EEG Unterschiede zwischen analytischen Men-



FOTO: ELIZABETH ROBERTSON



John Kounios, ganz entspannt im Zug – und damit in der idealen Situation, um gute Ideen zu entwickeln.

schen und solchen, die eher spontane Ideen haben. Auch im Ruhezustand zeigte sich dieser Unterschied. Gibt es folglich nur zwei grundsätzlich unterschiedliche Denktypen?

Nein. Nahezu alle Menschen, die wir getestet haben, fanden bei manchen Aufgaben die Lösung durch spontane Erkenntnis, während bei anderen Aufgaben systematisches Nachdenken die Lösung brachte – aber Menschen haben Vorlieben für die eine oder andere Richtung.

Eine kreative Idee sei wie eine Katze, schreiben Sie in Ihrem neuen Buch: Man könne sie locken, aber für gewöhnlich komme sie nicht, wenn man sie ruft. Was aber kann man tun, um eine Idee zu fördern?

Es gibt keine Methode, mit der man zuverlässig einen Aha-Effekt abrufen könnte. Man kann sich aber in einen Zustand versetzen, der es dem Gehirn erleichtert, derartige Prozesse zu erzeugen.

Zum Beispiel?

Entspannen Sie sich. Oder schlafen Sie ausreichend. Der Schlaf kann versunkene Gedächtnisinhalte ans Licht holen. Entspannung erweitert die Aufmerksamkeit – so entsteht Raum für ungewohnte Assoziationen. Ein guter Weg, um Erkenntnisse zu wecken, ist auch sensorische Deprivation, also die Abschirmung von Außenreizen. Es hilft schon, allein in einem ruhigen Raum zu sein. Dann kann sich die Aufmerksamkeit nach innen richten.

Es heißt, die besten Ideen kämen Menschen unter der Dusche. Stimmt das?

Im warmen Strahl der Dusche verschwimmt die Grenze zwischen Körper und Umgebung, man hört das Wasser rauschen, und man sieht nicht viel. All das begünstigt eine positive, entspannte Stimmung und eine nach innen gerichtete Aufmerksamkeit. Das ist der ideale Zustand für das Gehirn, um kreative Ideen aufkommen zu lassen.

Für einige Hundert Millisekunden blendet das Gehirn dabei optische Signale aus. Warum ist das so?

Machen Sie dieses Experiment: Blicken Sie einer Person ins Gesicht, und stellen Sie ihr eine schwierige Frage. In den meisten Fällen wird diese Person wegschauen, vielleicht an die Decke oder auf ihre Schuhe, vielleicht wird sie sogar kurz ihre Augen schließen. Das geschieht, weil kreatives Denken zerbrechlich ist und leicht von visuellen Eindrücken überwältigt wird. Wer den visuellen Input verringert, wird weniger abgelenkt und kann einen schwach aktivierten, unbewussten Gedanken ins Bewusstsein bringen. In unseren Experimenten ist es aus technischen Gründen für die Versuchspersonen nicht möglich, wegzublicken oder die Augen zu schließen. Ihre Gehirne dimmen dann sozusagen das Licht und lassen für einen kurzen Moment weniger optische Informationen hinein. Das ist die Art und Weise, mit der das Gehirn signalisiert: »Ruhe! Ich denke gerade.«

Bedeutet das, mein Gehirn weiß früher als mein Bewusstsein, dass da gleich eine Idee in mir aufsteigt? ►

Was Aha-Effekte fördert

Verbeißen Sie sich nicht in die Aufgabe – erst durch ausreichende Entspannung kann das Gehirn die nötigen assoziativen Prozesse starten. Schaffen Sie bei der Arbeit eine ruhige Atmosphäre, in der sich die Aufmerksamkeit nach innen richten kann. Das Ziel ist, die unbewussten Gedanken wahrzunehmen.



Erkenntnis im Badezuber: Als Archimedes von Syrakus um 200 v. Chr. das nach ihm benannte archimedische Prinzip der Wasserverdrängung entdeckte, soll er nackt durch die Straßen gelaufen sein und »Heureka!« gerufen haben: »Ich hab's!«

Richtig. Wir verstehen zwar noch nicht vollständig, warum. Aber das Gehirn erkennt das Emporkommen eines schwachen, unbewussten Gedankens – und reduziert dann störende visuelle Eindrücke. Eine Idee, die sich anbahnt, erinnert ein wenig an das unmittelbare Gefühl, das man erlebt, wenn man gleich niesen muss.

Angenommen, ein Chef fordert von seinen Mitarbeitern eine bahnbrechende Problemlösung und setzt dafür eine Belohnung aus – führt dieser Anreiz zum Ziel?

Nein. Die Aussicht auf Belohnung wird zwar dazu motivieren, sich anzustrengen. Sie wird aber gleichzeitig die Gedanken verengen und ausgefallene Ideen vermeiden, die gerade die Lösung für das vorhandene Problem wären. Kurz: Geld erleichtert zwar die Lösung einfacher Aufgaben, aber es erschwert die Lösung von Problemen, die Kreativität erfordern. Oft ist der Aha-Moment selbst die beste Belohnung.

Er ist aber nicht per se positiv. Um zum Beispiel einen terroristischen Anschlag logistisch vorzubereiten, benötigt man viel Fantasie. Kann Kreativität ethisch bedenklich sein?

Natürlich ist sie nicht von Natur aus gut oder schlecht. Sie lässt sich wie ein Messer für gute oder für schlechte Zwecke verwenden. Und nicht immer

ist es notwendig, kreativ zu sein – viele, vielleicht sogar die meisten alltäglichen Probleme, lassen sich durch analytisches Denken lösen.

Wagen wir einen Blick in die Zukunft: Wenn man versteht, wie Aha-Erlebnisse im Gehirn entstehen, könnten Strategien entwickelt werden, die bahnbrechende Innovationen ermöglichen. Ist das utopisch?

Ganz im Gegenteil – wir haben genau das in einem Experiment gezeigt. Darin haben wir Versuchspersonen vor eine Leinwand gesetzt. Dann blitzten Bilder von Gegenständen kurz hintereinander auf, die für das träge Auge nicht eindeutig zu erkennen waren, weil es nicht genug Zeit hatte, den Blick wandern zu lassen. Um die Gegenstände zu erfassen, mussten die Versuchspersonen also ihre Aufmerksamkeit erweitern. Anschließend sollten die Teilnehmer verschiedene Aufgaben lösen, und dabei stellte sich heraus: Die zuvor erweiterte Aufmerksamkeit hielt an, und das führte dazu, dass es vermehrte Aha-Effekte gab, die dann zur gesuchten Lösung führten.

Das bedeutet, wer kreative Lösungen sucht, sollte sich nicht auf eine Sache fixieren, sondern sich einen weiten Blickwinkel bewahren.

Genau. Und der ruhige Raum, in dem man idealerweise sitzt, sollte möglichst hohe Decken haben. ■



John Kounios, Mark Beeman:
»Das Aha-Erlebnis. Wie plötzliche Einsichten entstehen und wie wir sie erfolgreich nutzen«

DVA, 320 Seiten,
19,99 Euro

Das klingt gut: Jetzt 12 x P.M. in cooler Musikbox verschenken!



1. Aus der edlen P.M. Geschenkbox
zum Überreichen ...



2. ... und schnell aufgebauten
Klapp-Lautsprechern aus Pappe ...
(Maße: ca. 8 x 8 x 8 cm)

NEU!

Geschenk-
tipp!



Lieferung exklusive Smartphone

3. wird in wenigen Schritten eine
beeindruckende Musikbox!
(Maße: ca. 33 x 25 x 9 cm)



Mit P.M. in der Musikbox verschenken Sie große Freude – zu Weihnachten
und darüber hinaus. Bestellen Sie jetzt!

Das sind Ihre P.M.-Vorteile:

- 12 Ausgaben verschenken
- edle hochwertige Box im coolen Design
- Startausgabe inkl. Lautsprecher mit Klinkenstecker
- bequeme portofreie Lieferung

Jetzt die P.M. Musikbox bestellen unter:

www.pm-magazin.de/box

Oder telefonisch unter +49 (0)40 5555 89 80 Bitte immer die Bestell-Nr. 1413 206 angeben!

Wie jetzt?

SIE FRAGEN, WIR ANTWORTEN

Senden Sie Ihre Fragen an wiejetzt@pm-magazin.de



Und es dreht und dreht sich. Aber dreht sich das Karussell links- oder rechtsherum?

Warum fahren Karussells gegen den Uhrzeigersinn?

PM. Im mittelalterlichen Frankreich dienten Karussells dem Training von Rittern für das Ringelstechen: Bei diesem Turnierspiel mussten sie vom Pferd aus mit der Lanze einen kleinen Ring aufspießen. Die Ritter übten ihre Treffsicherheit (ohne Pferd) auf einer mit Menschenkraft angeschobenen Drehscheibe. Die Ringe waren dabei außen an Pfählen angebracht. Da die meisten Menschen als Rechtshänder die Lanze in der rechten Hand hielten, drehte sich das Karussell nach rechts – so wurde es ab dem 17. Jahrhundert auch bei Karussells auf Jahrmärkten beibehalten. Allerdings nicht in England: Die ersten Karussellbauer dort hielten sich nicht an die französische Tradition, sondern an reiterliche Gewohnheiten. Meist steigt der Reiter von links aufs Pferd – auch auf das Holzpferd auf dem Karussell. Da bietet sich die Drehrichtung nach links, im Uhrzeigersinn, an.

P.M. FRAGEN & ANTWORTEN

Die aktuelle Ausgabe

mit 68 Fragen und Antworten gibt es jetzt bei Ihrem Zeitschriftenhändler für nur 3,90 Euro.



? **HOLGER & RENATE JÄPEL, E-MAIL**

Warum können Fische aus großen Tiefen schnell aufsteigen?



PM. Das können die meisten gar nicht – auch Fischen macht schnelles Aufsteigen zu schaffen, aber anders als dem Menschen: Bei Tauchern löst sich unter dem Druck der Tiefe der Stickstoff aus der Atemluft im Blut, bei Druckabfall wird er plötzlich wieder gasförmig und verstopft die Blutgefäße. Fische dagegen atmen keine Luft und müssen nicht mit so viel Stickstoff fertigwerden. Doch sie haben meist eine gasgefüllte Schwimmblase, die sie unter Wasser in der Schwebelage hält. Steigen solche Fische aus mehr als zehn Metern Tiefe schnell auf – etwa weil sie geangelt wurden –, bläht sich ihre Schwimmblase auf. Die anderen Organe können nicht ausweichen, der Magen stülpt sich durchs Maul nach außen, Blutgefäße platzen. Einige Fische (z. B. die Makrele) leben ohne Schwimmblase. Sie können schnell auftauchen, müssen sich aber ständig bewegen, um nicht abzusinken.

FOTOS: GETTY IMAGES, DPA, ULLSTEIN, NASA



Rötliches Weiß: keine Umweltverschmutzung, sondern die Folge einer natürlichen Ursache

Warum »blutet« Schnee?

PM. Es gibt hell- bis dunkelrote Blutspuren im ewigen Schnee, im Hochgebirge und in den Polarregionen. Schon Menschen in der Antike und Wikinger haben sie beschrieben. Eine Erklärung für den rätselhaften »Blutschnee«, der vor allem sichtbar wird, wenn die obersten Schichten von Altschnee schmelzen, fanden aber erst moderne Biologen. Sie entdeckten, dass im Schnee eine Vielfalt von Mikroalgen und anderer Mikroorganismen lebt. Verantwortlich für die

rötliche Färbung sind Carotinoide, natürliche Farbstoffe, mit denen sich bestimmte Arten von Schneevalgen vor der UV-Strahlung in extremen Höhen und in Polargebieten schützen. Einige Carotinoide sind als Lebensmittelzusatzstoffe zugelassen. In jüngster Zeit interessiert sich die Biotechnologie verstärkt für die Frage, ob sich die Anpassungsstrategien der Schneevalgen an ihre lebensfeindliche Umwelt für den Menschen nutzen lassen.



? **MATEO KEZO, FACEBOOK**

Was passiert einer Raumsonde im Schwarzen Loch?

PM. Soweit wir die Physik von Raum und Zeit kennen, gibt es zwei Realitäten – eine aus Sicht des Beobachters, eine aus Sicht der Raumsonde. Für den Betrachter scheint die Raumsonde immer langsamer zu werden, bis sie am Ereignishorizont – jenseits dessen dem Loch nicht mal mehr Licht entkommen kann (darum ist es schwarz) – erstarrt. Die enorme Gravitation lässt die Zeit der Sonde quasi gefrieren, bis sie steht. Parallel scheint die Sonde ihre Farbe zu wechseln: von Weiß über Gelb, Orange,

Rot zu letztlich Schwarz. Die Wellenlänge wird gestreckt, bis am Ende gar keine Lichtwellen mehr zum Betrachter gelangen. Die Sonde verschwindet. Analog die Funksignale. Aus Sicht der Raumsonde dagegen passiert nichts von alledem. Sie fliegt über den Ereignishorizont hinaus normal weiter, bis sie am Ende von der Singularität – dem Zentrum des Lochs, in dem Raum und Zeit unendlich verzerrt sind – verschluckt wird. Was dort mit ihr passiert, weiß keiner und wird auch keiner je erfahren.

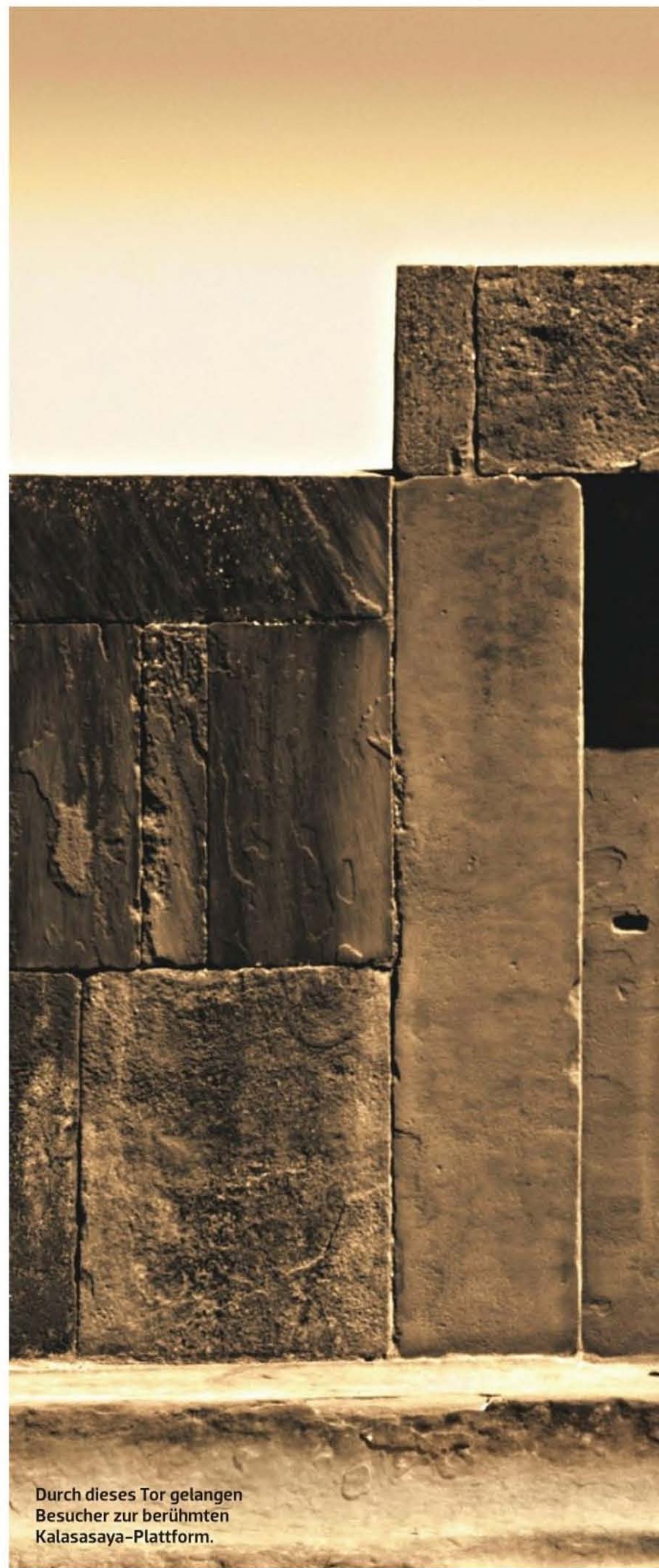
DAS RÄTSEL DER ANDEN

In der Kultstätte von Tiwanaku in Bolivien lebten einst 100 000 Menschen. Seit 2000 gehört sie zum Weltkulturerbe, doch mit den Ausgrabungen geht es kaum voran. Welche Geheimnisse verbirgt der mystische Ort am Titicacasee?

TEXT: CHRISTOPHER SCHRADER

FOTO: CORBIS

Durch dieses Tor gelangen Besucher zur berühmten Kalasasaya-Plattform.



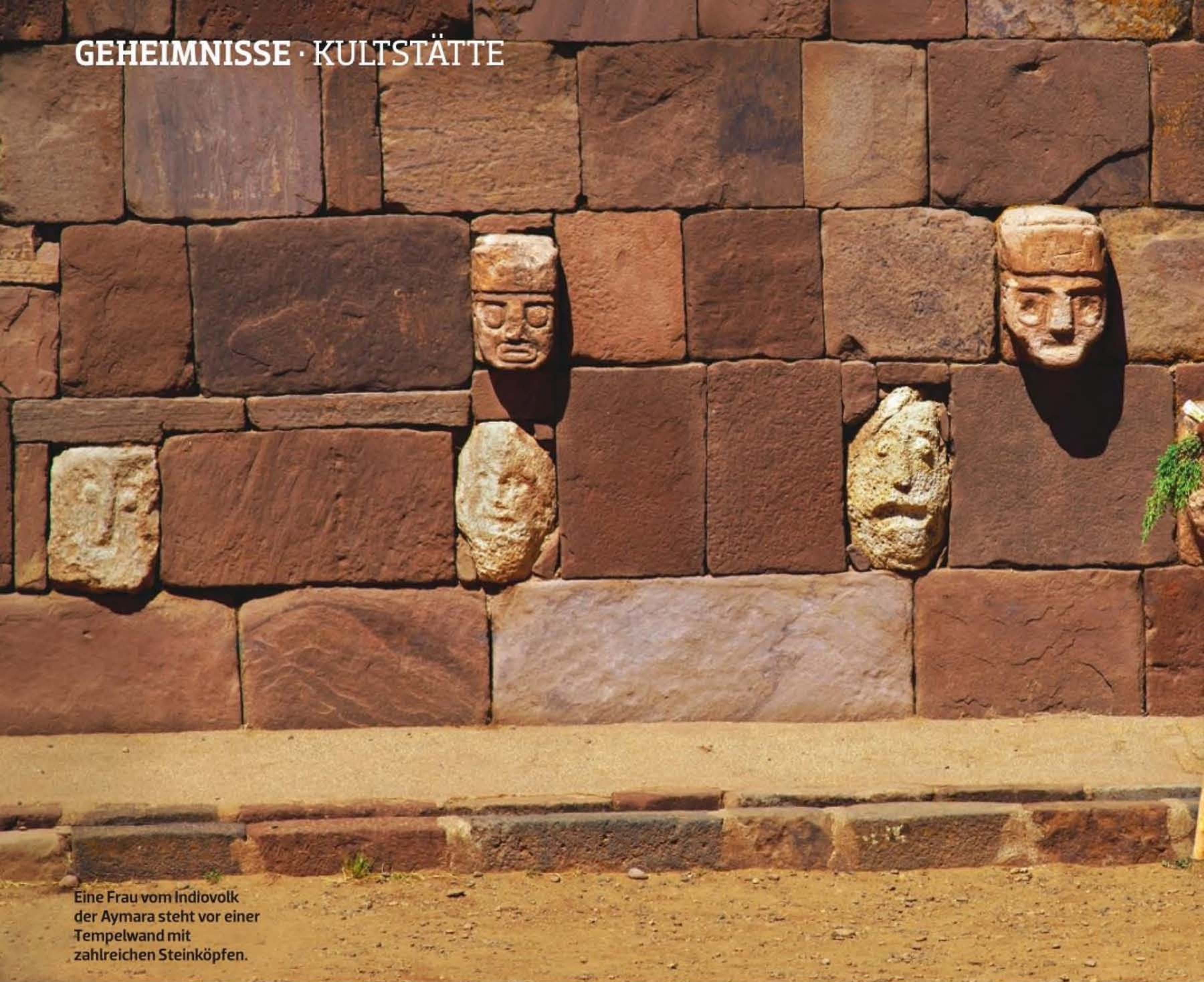


Der 21. Juni, so wird gesagt, ist der beste Termin für einen Besuch in Tiwanaku: Schon in den frühen Morgenstunden erreichen Autos und Kleinbusse die mehr als 1000 Jahre alten Ruinen der Hochkultur auf dem bolivianischen Altiplano, der fast 4000 Meter hoch

gelegenen Zentralebene der Anden. Die Besucher steigen aus und laufen frierend zur monumentalen Ritual-Plattform Kalasasaya. Ureinwohner vom Volk der Aymara zelebrieren in Kostümen früherer Priester die Sonnenwende, ihr Neujahrsfest. Viele Besucher stellen sich neben das sogenannte Sonnentor, das geschickte Handwerker vor 1500 Jahren aus einem einzigen Felsblock gehauen haben – sobald die Sonne über der Gebirgskette im Osten aufgeht, sollen ihre Strahlen genau durch dieses Tor fallen. Das zumindest erwarten die Besucher.

Doch als sich die Sonne zeigt, schickt sie ihr Licht nicht gerade durch die Öffnung. Die Strahlen fallen schräg auf die Füße der Besucher. »Richtig ausgerichtet ist das Sonnentor leider nur für die Tag-und-Nacht-Gleiche im März und September. Aber dann ist keine Touristensaison«, sagt Alexei Vranich, ein Archäologe von der University of California in Los Angeles. Er hat oft genug kopfschüttelnd die Zeremonie mitverfolgt, die weit von der historischen Realität entfernt ist. Die Liste der Fehler fängt damit an, dass das drei Meter hohe und fast vier Meter breite Tor an falscher Stelle steht. Vermutlich ist es mehrfach umgesetzt worden – vor 1000 Jahren, als die Herrschaft der Stadt über den Altiplano endete; von Entdeckungsreisenden des 19. Jahrhunderts; und zuletzt vor einigen Jahrzehnten von Altertumsforschern der Republik Bolivien. Hinzu kommt, dass Kollegen von Vranich vermuten, die touristischen Sonnenanbeter hätten sich nicht nur in der Jahreszeit geirrt, sondern auch in der Uhrzeit. John Janusek von der Vanderbilt University glaubt, dass Tiwanakus bekanntestes Monument ein Kalender für Sonnenuntergänge war und nicht für Sonnenaufgänge.

Das Sonnentor steht damit symptomatisch für den Umgang mit den Ruinen Tiwanakus: Für den einfachen Touristen sind die Monumente zweifellos atemberaubend. Forscher aber beklagen den schlechten Zustand und die Tatsache, dass seit Jahren keine Grabungen unternommen werden. ►



Eine Frau vom Indiovolk der Aymara steht vor einer Tempelwand mit zahlreichen Steinköpfen.

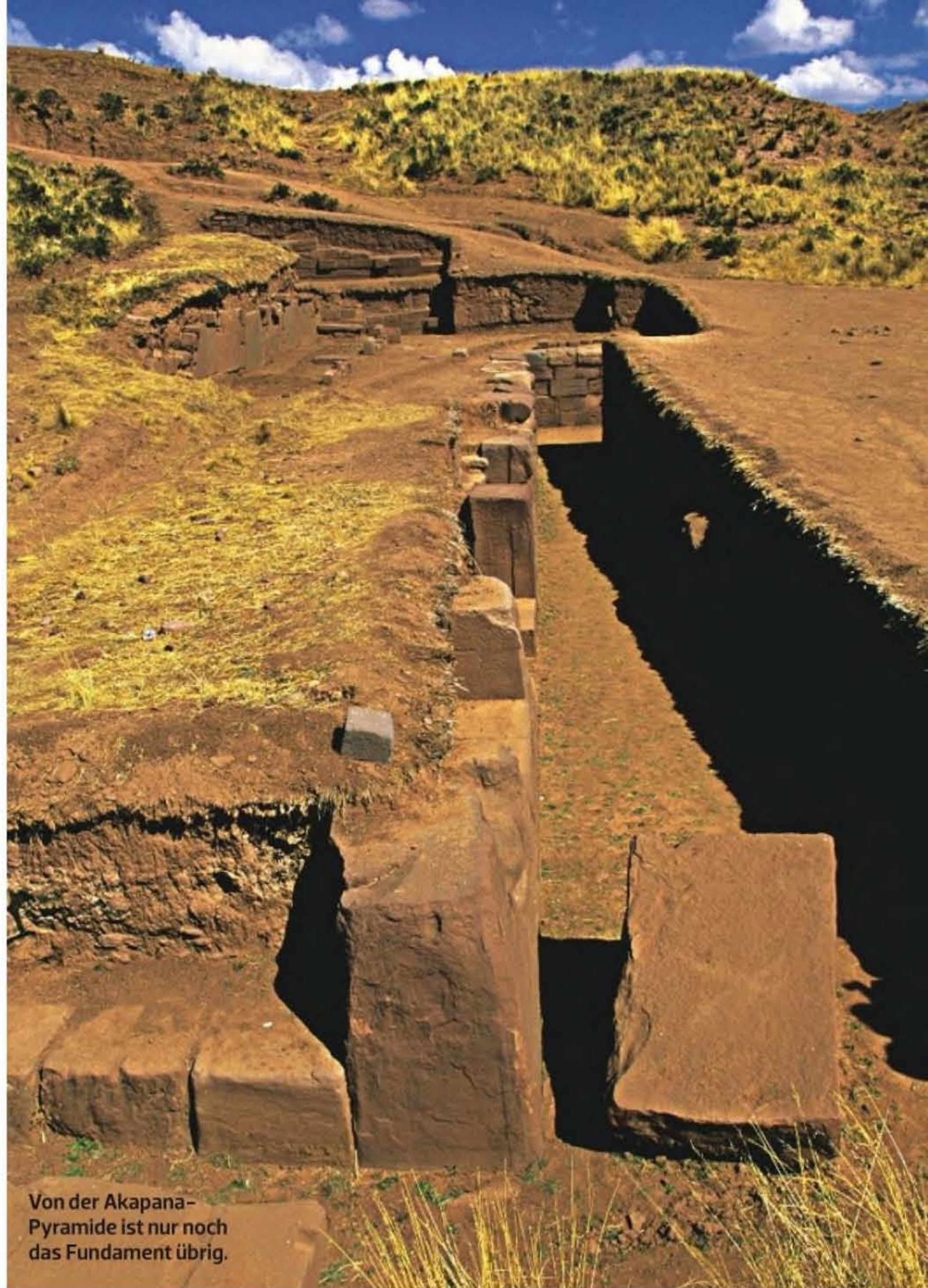
Dabei gehört die Fundstätte zum Weltkulturerbe: Die Unesco hat ihr den Status im Jahr 2000 verliehen. Doch beinahe ebenso lang geht nichts voran.

Wie Peru oder Mexiko sieht sich auch Bolivien als Sitz einer früheren Hochkultur, schafft es aber nicht, die Fundstätte ähnlich professionell zu erkunden, zu konservieren und zu präsentieren wie dort die verlorene Inka-Stadt Machu Picchu oder Chichén Itzá mit seinen Maya-Tempeln. Erst seit Kurzem ist ein Ende des Stillstands in Sicht. »Für viele Bolivianer ist Tiwanaku ein heiliger Ort«, sagt César Moreno-Triana, der bei der Weltkulturerbe-Kommission der Unesco für Tiwanaku zuständig ist. »Aber die Arbeiten dort waren sehr politisiert, es fehlte an Kontinuität.«

Das bestätigt Julio Ballivián, der bis vor Kurzem im Kulturministerium Boliviens arbeitete: »Seit 2008 hat es keine Ausgrabungen in Tiwanaku mehr

gegeben.« Erst vor wenigen Monaten hat die Unesco nach langen Verhandlungen mit der Regierung rund 700 000 Euro Forschungsmittel freigegeben, die über Jahre blockiert waren. Ein unabhängiges Gremium soll nun die Arbeiten steuern und die Eintrittsgelder der Besucher verwalten.

Der Neuanfang ist nötig: Erst ein Prozent des vier bis sechs Quadratkilometer großen Areals wurde bisher freigelegt. Etwa ein Dutzend große Bauwerke sind bekannt, aber fast alle warten trotz früherer Forschungsarbeiten auf professionelle Erkundung und Rekonstruktion – die Akapana genannte Pyramide ist nur noch ein Erdhügel mit gemauertem Fundament; der Tempel Pumapunku ein Trümmerfeld; die Plattform Kalasasaya wurde nach Gutdünken eines Staatsbeamten




Von der Akapana-Pyramide ist nur noch das Fundament übrig.

wiederaufgebaut. »Wir wissen nicht, wie sie ursprünglich aussah, aber so bestimmt nicht«, sagt Vranich. Die Steine für die Begrenzungsmauern hat wohl ein Archäologe in den 1950er-Jahren aus anderen Teilen der Stadt zusammengeklaut.

Doch trotz des Chaos in den Ruinen schwärmt Vranich: »Im kulturellen Rahmen des Beckens des Titicacasees sind die Errungenschaften Tiwanakus unglaublich.« Die Stadt soll einst 20 000 oder gar 100 000 Einwohner gehabt haben. Damit war die Metropole 500 Jahre lang das Zentrum der Hochebene. 50 000 Hektar bewässerten Ackerlands umgaben die Stadt. Der Titicacasee in der Mitte der Region lieferte reiche Fischfänge. Die Menschen züchteten Lamas als Lasttiere und Meerschweinchen als Delikatesse. Und aus den Hochanden kamen Kartoffeln und Quinoa, Mais und Tomaten

aus tiefer gelegenen Tälern. Doch nicht nur im Ackerbau waren diese frühen Bolivianer geschickt. Auch als Handwerker überzeugten sie, schnitten ohne Eisenwerkzeug Reliefe in Statuen und errichteten rechtwinklige Mauern von beeindruckender Präzision. Die Elite der Stadt ließ tonnenschwere Felsen als Baumaterial über den See transportieren. Trotz dieser Errungenschaften ist jedoch eins unklar: wie die Bewohner ihre Metropole nannten. Sie haben keine schriftlichen Zeugnisse hinterlassen. Der Name Tiwanaku stammt aus der Sprache der heute in der Gegend heimischen Aymara.

Weil also Schriftrollen und Hieroglyphen fehlen, müssen Forscher die Ornamente an Mauern zur Hilfe nehmen, um mehr über die untergegangene Kultur zu erfahren. Ein Beispiel dafür sind die prächtigen Reliefe auf der Ostseite des Sonnen- ►



Luftbild der Ruinen von Tiwanaku, die in der bolivianischen Hochebene Altiplano liegen.

Als die Bauwerke von Tiwanaku verfielen, wurden die Felsen für den Bau von Mühlen, Häusern und Friedhöfen verwendet.

tors. Ein Gott mit Strahlenkrone und zwei Stäben in den Händen steht oben in der Mitte, drei Reihen gefiederter Figuren huldigen ihm. Einst bedeckte Gold Teile des Motivs. Unten windet sich ein schlangenförmiges Band um elf Gesichter, die das strahlenumkränzte Antlitz des zentralen Idols aufnehmen.

Nicht weit vom jetzigen Standort des Sonnentors ragt ein Balkon aus der Kalasasaya-Plattform heraus, der – passend zu den elf Gesichtern – ebenfalls einst von elf Pfeilern begrenzt wurde. Zehn davon sind heute noch zu sehen. Von einem Punkt mitten auf der Plattform aus betrachtet, versinkt die Sonne zu Sonnenwenden über den äußeren Markern und an Tag-und-Nacht-Gleichen über dem mittleren. Zwei Pfeiler auf jeder Seite markieren Monate innerhalb der so definierten Jahreszeiten. »Die elf kleinen Gesichter auf dem Sonnentor stehen für die wiederkehrenden Positionen des Sonnenuntergangs«, sagt John Janusek. »Es ist wahrscheinlich, dass das Tor einst eine Art Gebrauchsanweisung für die Rituale war, mit denen Tiwanaku seine Zeit einteilte.«

Auf der Kalasasaya stehen auch zwei Figuren, die ebenfalls aus jeweils einem einzelnen Felsblock geschnitten wurden. Sie sind drei Meter hoch, mehr als 1500 Jahre alt und haben mit ihren teilnahmslosen Augen schon auf Priester und Herrscher, Eroberer und Entdecker, Forscher und Touristen herabgeblickt. Vermutlich stellen sie mythische Vorfahren dar. Beide tragen einen Kopfputz, vielleicht eine Art Krone, und ein reich verziertes Gewand, das im Flachrelief Lamas, Fische oder blühende Pflanzen zeigt.

Die Haltung ihrer Arme ist verkrampft: Beide pressen, typisch für diese Art von Figuren, ein Trinkgefäß und ein Tablett gegen die Brust – es sind Instrumente des Drogenkonsums, glauben Archäologen. Die Drogen der Hochanden waren vergorene

Getränke wie das heute »Chicha« genannte Maisbier und psychoaktive Substanzen wie Mescaline aus Kakteen oder Ayahuasca aus dem Sud einer Liane. Sie versetzten die Konsumenten in Trance, erzeugten visionäre Träume oder vermittelten die Illusion zu fliegen. John Janusek erklärt, was Priester damals wohl glaubten: »Im veränderten Bewusstseinszustand fanden sie leichter ins Reich der verstorbenen Vorfahren und Urwesen zurück und zapften dort die schöpferischen Kräfte des Kosmos an.«

Zwischen beiden Statuen gibt es jedoch einen Unterschied: Eine ist aus Sandstein geschnitten, die andere – wie das Sonnentor und die elf Sonnenuntergangspfeiler – aus dem härteren Andesit. Die Wahl des Materials war kein Zufall, meinen Archäologen – der rote Sandstein stand für Tradition und Erde, ihn mussten die Bewohner über Land herbeschaffen, ohne Wagen oder Räder; der grau-blaue Andesit hingegen repräsentierte die Ausdehnung der Stadt und den nahe gelegenen See. Dieser besondere Vulkanstein musste über das Wasser hertransportiert worden sein: Der nächste Steinbruch dafür ist 90 Kilometer entfernt.

Wie das mit den auf dem Titicacasee gebräuchlichen Schilfbooten funktioniert haben soll, war lange Zeit ein Rätsel. Es ist, neben den an Astronauten erinnernden Gesichtern der Statuen, das wichtigste Argument für Menschen, die Tiwanaku für das Werk von Außerirdischen halten. Doch inzwischen hat Alexei Vranich den Gegenbeweis erbracht.

Der Archäologe erzählt, wie vor dem Haus des Bootsbauers Paulino Esteban innerhalb von zehn Wochen ein Schiff von 15 Metern Länge, fünf Metern Breite und einer Tragkraft von zehn Tonnen entstand. Einziges Zugeständnis an die Moderne waren Nylonseile, um 1,8 Millionen Schilfhalme im Rumpf zu verschnüren. Mit diesem Gefährt segelte Vranichs Team durch den Kanal von Tiquina, der die beiden Teile des Titicacasees verbindet, zur Halbinsel Copacabana. Dort wuchteten einige Dutzend Einheimische und bolivianische Marinesoldaten per Muskelkraft mit Stöcken und Seilen einen Neun-Tonnen-Block Andesit auf das Schiff. Als der Fels auf die Ladefläche rollte und das Boot weder kenterte noch sank, brandete Jubel auf. Denn von da an sollte es eigentlich keine Probleme mehr bei der Überfahrt geben.

Der Theorie zufolge sollte sich zwar das Schilf des Rumpfs unter der Last mit Wasser vollsaugen. Allerdings würde dadurch auch nach und nach der Auftrieb des Schiffs steigen, bis schließlich Schwer-



Geschichte in Schmuck und Stein

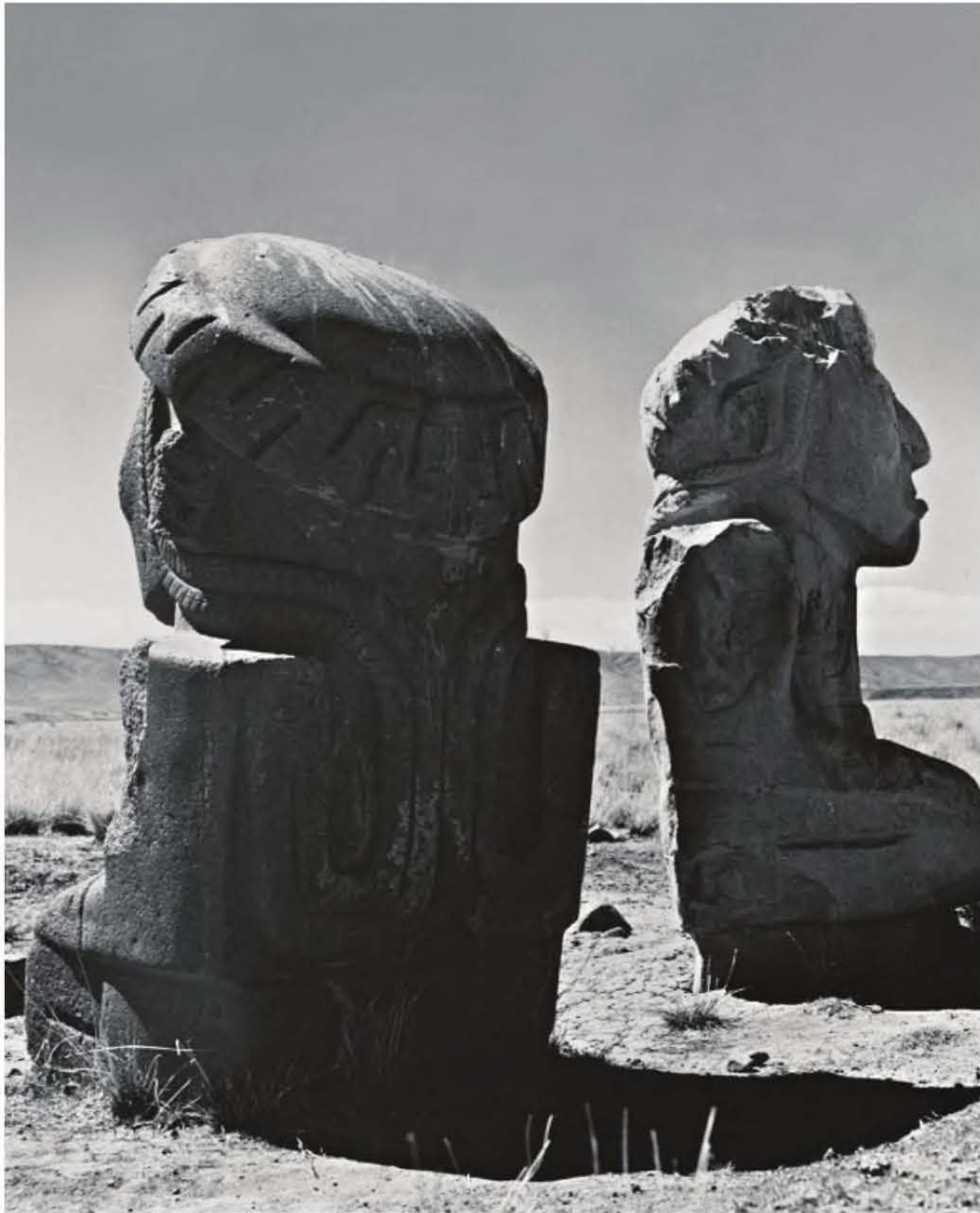
Die Überreste Tiwanakus sind gewaltig. Das Wissen über die Hochkultur ist allerdings klein, weil das Volk scheinbar keine Schrift kannte. Archäologen müssen deshalb aus Ruinen und Funden (wie der Goldkette im Bild) erschließen, welche Kulturrituale in der versunkenen Metropole üblich waren.

kraft und Auftrieb sich die Waage halten. Als das eiskalte Wasser aber immer höher an den Bootsrumpf klatschte, wurden die Forscher trotzdem nervös. »Wir schauten ständig auf den Tiefgang des Bootes«, sagt Vranich. Doch die Berechnungen stimmten. Nach einer Weile stabilisierte sich die Lage des Schiffs tatsächlich. An einem Ort namens Santa Rosa, wo einst Tiwanakus Hafen gewesen sein könnte, entluden die Dorfbewohner den Felsblock in eigener Regie und zerrten ihn 60 Meter das Ufer hinauf. Vranich sagt: »Große Gruppen von Menschen brauchten wir eigentlich nur für kurze Momente. Mit diesen Methoden hätte man sich in der Tat ein Reich aufbauen können.«

Genau über dieses Reich herrschte Tiwanaku ungefähr ab dem Jahr 500. Die Elite der Stadt übte ihren Einfluss auf die Nachbarn nicht militärisch, sondern über den Handel mit Laka-Karawanen und mittels religiöser Rituale aus. Vermutlich war Tiwanaku eine Pilgerstätte. Bei Ausgrabungen sind viele Wohnhäuser und Feuerstellen gefunden worden, die vorübergehend genutzt wurden – als seien die Menschen der Region nur für ein Fest in die Metropole gekommen.

Die feste Bevölkerung Tiwanakus bestand aus mehreren ethnischen Gruppen, die friedlich nebeneinander lebten. Das machen Archäologen an der Anordnung der Stadtviertel fest, aber auch an einer Praxis, die heute befremdlich erscheint – der gezielten Verformung von Babyköpfen: Es war Brauch, mindestens vier von fünf Kindern wurden so behandelt, schreibt der Anthropologe Paul Goldstein von der University of California in San Diego. Zwei Techniken waren gängig: Manchen Säuglingen wurden flache Holzbretter vor die Stirn und an den Hinterkopf gelegt und mit Binden festgedrückt; bei anderen verformte eine Art Turban den noch weichen Schädelknochen konisch. Die Methoden stammten aus verschiedenen Regionen des Reichs; in der Hauptstadt wahrten Eltern je nach Herkunft ihre Traditionen. Zeitgenossen konnten an der Schädelform ihres Gegenübers erkennen, zu welcher Gruppe er gehörte.

Ungefähr im Jahr 800 gab es in der Metropole einen Regimewechsel. Die neuen Herrscher ließen Monumente wie die Pyramide Akapana umbauen, die heute als Erdhügel 18 Meter über das Gelände aufragt. Damals bekam sie neues Mauerwerk aus Andesit-Gestein. Und wahrscheinlich gab es zur Einweihung Menschenopfer. Wissenschaftler ►



Tiwanaku war das Zentrum der Altiplano-Ebene (Mitte). Die Skulpturen (links) stehen nahe der einstigen Metropole.



Das Volk der Aymara besucht für seine Sonnenzeremonie die Ausgrabungsstätte von Tiwanaku (links). Sie liegt rund 70 Kilometer westlich der bolivianischen Hauptstadt La Paz (siehe Karte).



Die Nachfahren der Bewohner von Tiwanaku leben in direkter Nähe zu den Ruinen.



haben etliche Skelette entdeckt. Manche verehrte Vorfahren wurden als Mumien dort bestattet, andere weisen deutliche Spuren von Gewalt auf: ihre Schädel eingeschlagen, ihre Glieder zerhackt.

200 oder 300 Jahre dauerte die Dominanz Tiwanakus nach dem Machtwechsel noch. Dann haben wohl Veränderungen des regionalen Klimas die Macht der Metropole untergraben. Etwa im Jahr 1050 endete eine 400-jährige Phase, in der es üppig regnete, wie Untersuchungen von Sedimenten und Eisschichten der Andengletscher zeigen. Später sank der Pegel des Titicacasees um zehn bis zwölf Meter, und Tiwanaku verlor seinen leichten Zugang zum Wasser.

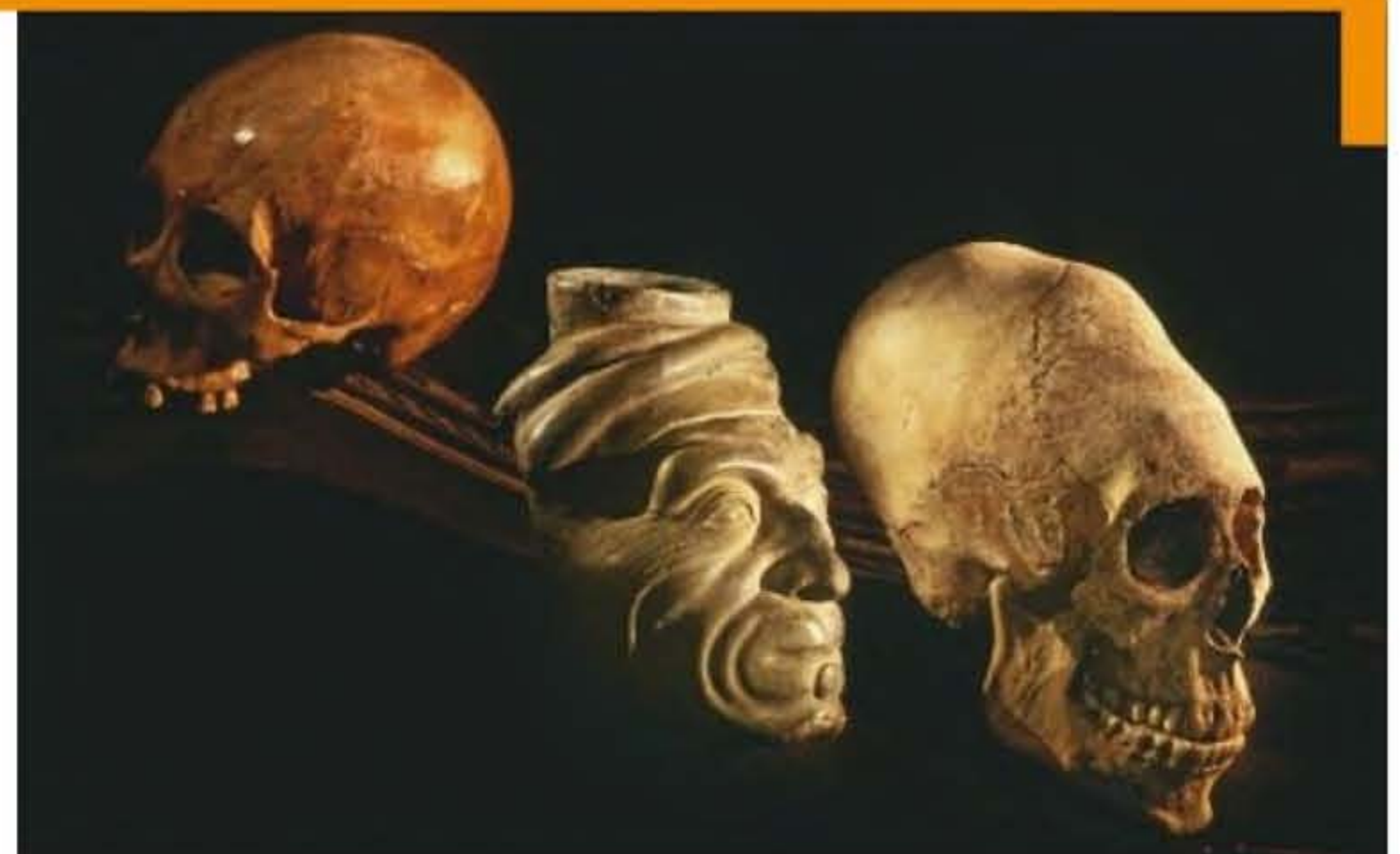
Die Bauwerke verfielen. Felsblöcke von dort finden sich heute in Mühlen, Wohnhäusern, auf Friedhöfen. Am Eingang der Kirche des Ortes Tiwanaku direkt neben den Ruinen gibt es zwei Steinblöcke, die ein früherer Priester zu Statuen der Heiligen Peter und Paul hat umarbeiten lassen. Selbst für die Eisenbahnlinie, die 1903 in Betrieb genommen wurde, bedienten sich die Arbeiter der Steine aus den Ruinen, um Bahnsteige zu befestigen. Auf den Frevel angesprochen, soll ein zynischer Vormann lapidar geantwortet haben: »Ist doch besser, dass die Steine zwei Zivilisationen dienen.«

Christopher Schrader ist Wissenschaftsjournalist. Er hat Tiwanaku besucht, als sein Sohn für ein freiwilliges Jahr in Bolivien war.



Brett vor dem Kopf

SCHAURIGES RITUAL Nicht nur in Tiwanaku, auch bei Hunnen und Maya fanden Forscher eiförmig deformierte Schädel. Die Wissenschaftler nehmen an, dass sich dieser Kult in verschiedenen Völkern unabhängig voneinander entwickelt hat. Vermutlich handelte es sich dabei um ein Schönheitsideal oder ein Standessymbol – um den Schädel derart länglich zu formen, wurde Kindern schon im Säuglingsalter der Kopf oft mit einem kleinen Holzbrett zusammengeschnürt, um so Druck auf den Schädelknochen auszuüben. Auf diese Weise wurde im Laufe des Wachstums der Schädel entsprechend verformt.



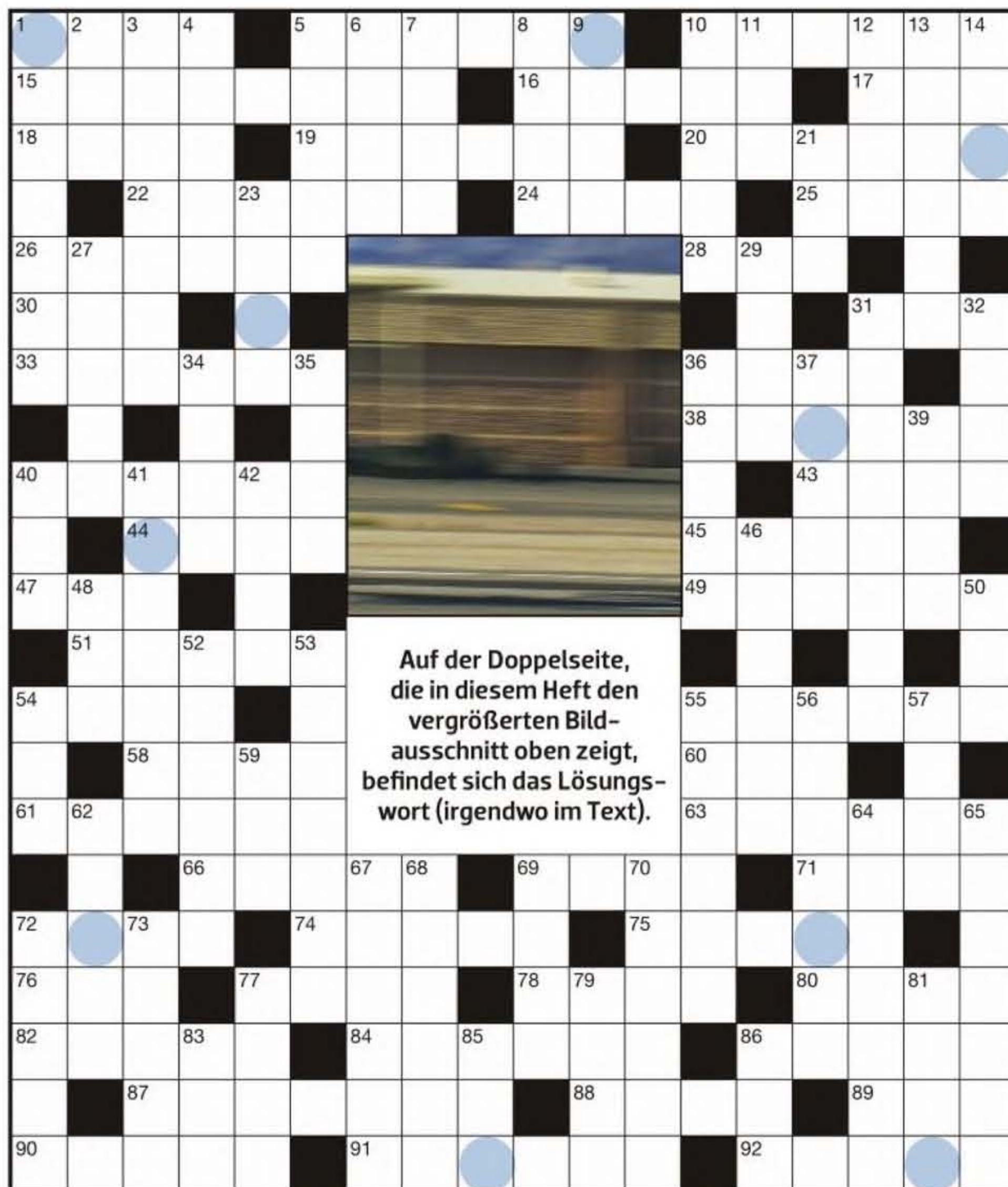
Durch Umschnüren entstanden seltsame Schädelformen.

WAAGERECHT

1 Das letzte Autorennen fand hier 1998 statt **5** hart, unnachgiebig **10** Maß für Erdöl **15** ital. Süßspeise **16** Schriftsteller **17** Das können Sie bei diesem Rätsel mit etwas Glück gewinnen **18** engl.: See **19** Es ist ausgestorben – und bald wieder da? (siehe Bericht in diesem Heft) **20** RECHKA **22** »Sing ein Lied für den Ozean, sing ein Lied ... Meer«, sang Rio Reiser **24** Körperteil **25** Er wird von BMW gebaut **26** Zahl unterm Bruchstrich **28** Abk. für Europ. Zentralbank **30** Abk.: Tausend **31** griech. Insel **33** Storch in der Fabel **36** Er wird in diesem Heft interviewt (Vorn.) **38** MEEBOA **40** Haft, Gefängnis **43** große dt. Tageszeitung **44** »Mach schnell, es ...!« **45** franz. Eierkuchen **47** Ihn bekommt man nach dem Einkauf **49** MULHEI **51** ugs.: Stoß **54** Schreibweise **55** Aktienmarkt **58** Futteral **60** Bergstock bei St. Moritz **61** süd-am. Indianer **63** Lage, Situation **66** Prämienzuschlag (Kfz-Versicherung) **69** Teil des Gartens **71** Kindertagesstätte **72** Vorsilbe: naturnah **74** aufwärts **75** Abflussgraben **76** ugs.: heran **77** Um eine Ruinenstadt der ... geht es in diesem Heft **78** norddeutscher Fluss, der in die ... **(80)** fließt **82** Teil einer Kette **84** Ihr wissenschaftlicher Name lautet Pica pica **86** Dateneingabe in den Computer **87** geflocht. Haar, Zopf **88** Gewicht der Verpackung **89** metallhaltiges Mineral **90** Tierlippe **91** GRIESI **92** Sein Lied »Katzeklo« machte ihn bekannt (Vorn.)

SENKRECHT

1 Stadt in Georgia (USA) **2** ital., lat.: Weg **3** Erst durch sie wird manches offiziell **4** landwirtschaftliche Tätigkeit **5** Wasserbehälter **6** Fluss durch München **7** ugs.: unnötiges Gerede **8** gewaltsame Wegnahme **9** Fuge, Einfräsung **10** Hülsenfrucht **11** Papagei **12** türk. Anisbranntwein **13** gleichfalls **14** ein Halbaffe **21** die Heiligen Drei Könige (Abk.) **23** zweiter griech. Buchstabe **27** eine Tonart **29** »Gummilinse« **31** Wer nichts wird, wird Wirt? Egal: Er ist einer **32** Windrichtung **34** Babyspeise **35** Ausflug zu Pferd **36** beliebter dt. TV-Showmaster **37** Er glättet Oberflächen **39** Modefarbe (frz.: blau) **40** Abk.: Allgemeine Geschäftsbedingungen **41** Ihm ist in diesem Heft eine ganze Seite gewidmet **42** Wäschestück **46** Bericht, Mitteilung **48** Windrichtung **50** Abk.: mobile Datenerfassung **52** letzter Tag des Monats **53** Freizeitbeschäftigung **54** Abk.: Sekunde **55** STEEBI **56** nicht wissen, aber doch irgendwie ... **57** »Nun sei doch nicht so ...!« **59** Abk.: Umweltbundesamt **62** Bodenfläche **64** ungeschickter Kerl **65** Tragpfosten, Strebe **67** Wendung zurück **68** Ritze **69** Backwerk **70** Wenn er hoch ist, freut sich der Kaufmann **72** Kirchenmusikinstrument **73** Falte, Knick **77** Einfall **79** So wird die Suche nach Außerirdischen abgekürzt (siehe Bericht in diesem Heft) **81** Festung im Mittelalter **83** Rhein-Zufluss in Baden-Württemberg **85** ital.: sechs **86** Das Tier, das diesen Laut ausstößt, gilt als 57 senkrecht



10 F&A-JAHRESABOS ZU GEWINNEN*

Bei diesem Rätsel geht es nicht nur um Definitionen und ihre Auslegung. Einige der gesuchten Wörter stehen schon fertig da – allerdings als »Buchstabensalat«, der entwirrt werden muss (NERG = GERN, ABST = BAST oder STAB). Die Buchstaben in den blauen Feldern ergeben das Lösungswort. Unter den Einsendern des Lösungsworts verlost P.M. zehn Jahresabonnements P.M. Fragen & Antworten im Wert von je 46,80 Euro. Es gibt drei Wege, um an der Verlosung teilzunehmen: **1. kostenlose Hotline:** 0800/91 911 99 (jeder Anrufer erhält eine Überraschung); nur aus Deutschland erreichbar: Mo.–Fr. 9.00–20.00 Uhr, Sa. 10.00–15.00 Uhr. **2. online:** www.pm-magazin.de/gewinnspiele **3. Postkarte:** Redaktion P.M., Kennwort Kreuzworträtsel, 20652 Hamburg. Einsendeschluss ist der 12. 01. 2016.



*Teilnehmen kann jeder, der seine Daten eigenständig übermittelt und sich bei Online-Teilnahme damit einverstanden erklärt, interessante Angebote von P.M. und Gruner+Jahr zu erhalten. Die Nutzung der Daten kann jederzeit widerrufen werden. Die Teilnahme per Post ist möglich, die telefonische Teilnahme nur aus Deutschland. Ausdrücklich ausgeschlossen sind Einsendungen, die beauftragte Dienstleister für ihre Kunden/Mitglieder vornehmen. Die Teilnahme ist nur 1 x möglich. Mitarbeiter der Gewinnensponsoren und des Verlags Gruner+Jahr sowie deren Angehörige dürfen nicht teilnehmen. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

LÖSUNG DES RÄTSELS AUS HEFT 12/2015

SAAR ■ AKKORD ■ ABSURD
ABREISE ■ LURCH ■ CHIO
MAAR ■ KROATE ■ LEHREN
S ■ BIKEN ■ FEILE ■ I ■ S ■
TRIKOT ■ NERVIG
AUE ■ CM ■ MIENE
GENEHM ■ AD ■ RA
■ D ■ I ■ A ■ GEWOGE
BEAGLE ■ ANANAS
A ■ NEID ■ V ■ SAT
DAHLIE ■ EPS ■ T ■
■ NEBEL ■ LEDIG
DTB ■ R ■ MARONE
HAERTE ■ UT ■ CL
BRNO ■ U ■ SACHSE
■ K ■ SARDE ■ SPA ■ NETTE
STEIL ■ IRRE ■ BAER ■ E ■
PIR ■ PFAD ■ EWIG ■ ARND
ESSBAR ■ UNAU ■ NOMADE
I ■ TAKELN ■ ANBAU ■ HAN
SEEBAD ■ GELD ■ TITELN

GEWINNER DES KREUZWORTRÄTSELS AUS P.M. 11/2015

Das Lösungswort hieß »Umlaufbahn«. Der Bildausschnitt war auf Seite 40. Die zehn Jahresabos »P.M. Fragen & Antworten« haben gewonnen: Jan Kotyrba, 41844 Wegberg; Hans Franke, 02785 Olbersdorf; Hans Ebert, 51469 Bergisch Gladbach; Rosemarie Wallisch, 65779 Kelheim; Wilhelm Bolkart, 89264 Weißenhorn; Dieter Ladenburger, 66333 Völklingen; Britta Just, 38820 Halberstadt; Wolfgang Krummrey, 16548 Glienicke; Krimhild Wagner, 10319 Berlin; Rolf Bötsch, 25541 Brunsbüttel.

SPITZENREITER*

★ N24 ist laut einer repräsentativen Forsa-Umfrage Deutschlands TV-Sender mit den besten Dokumentationen. Überzeugen Sie sich selbst davon, z.B. mit unserer neuen Doku „In 10 Tagen um die Welt“. Silvester auf N24. N24.de/forsa

**IN 10 TAGEN
UM DIE WELT**

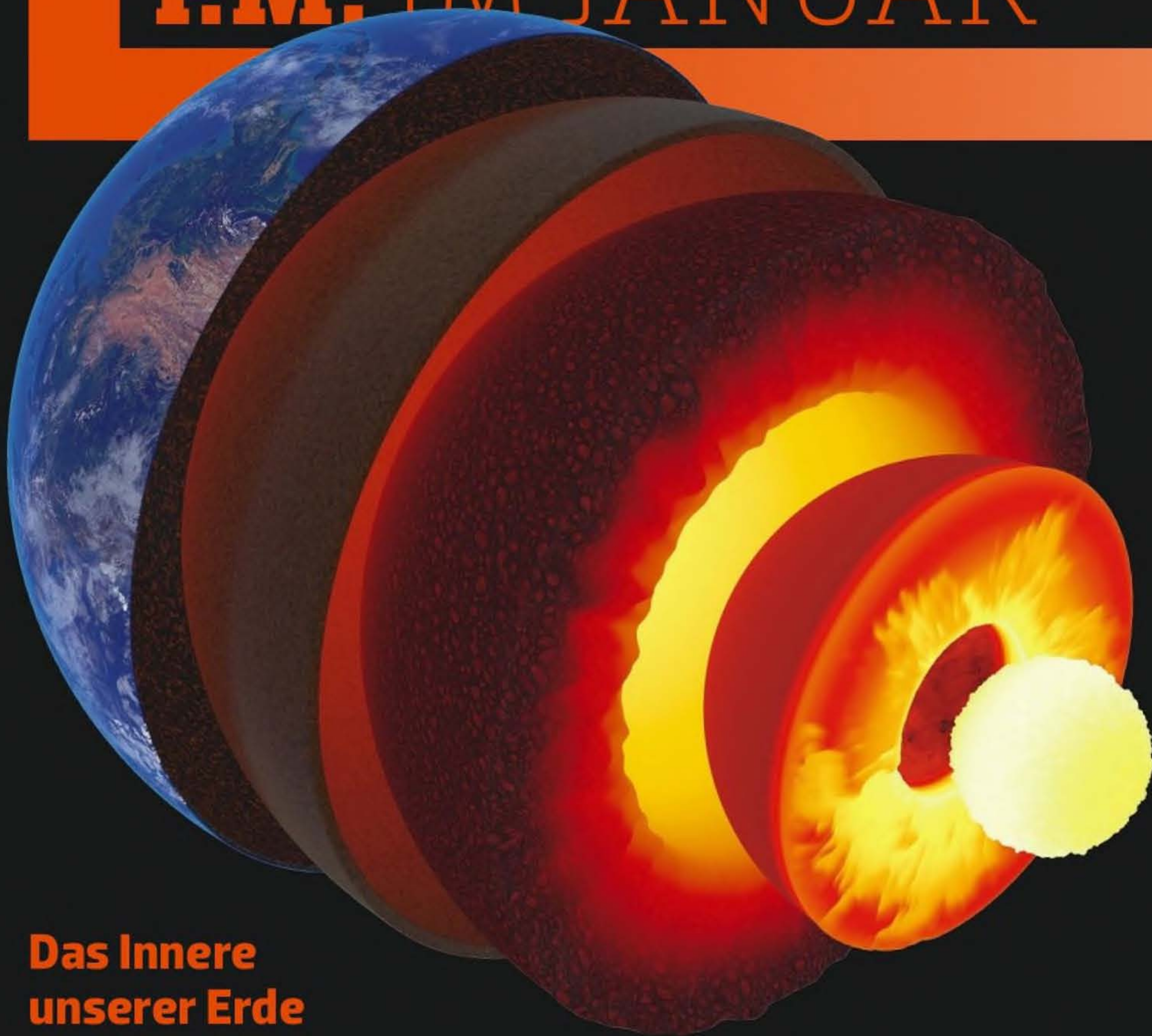
**DONNERSTAG
31.12./20.05**



FOTO: © Christoph Karrasch

N24

Die besten Dokumentationen im TV.



Das Innere unserer Erde

GEHEIMNISSE Was verbirgt sich unter der Erdkruste, wie sieht es im Kern unseres Planeten aus? Mit neuartigen Messmethoden machen sich Wissenschaftler daran, besser zu verstehen, welche faszinierenden Kräfte tief unter unseren Füßen wirken.

Alle Schiffe im Blick

TECHNIK Nach der »Costa Concordia«-Katastrophe hat Costa das »Fleet Operations Center« gebaut – ein hoch technisiertes Kontrollzentrum. P.M. war da.



FOTOS: FOTOLIA, NASA, HENNING RIEDIGER, BERTHOLD STEINHILBER/LAIF



GRUNER + JAHR GMBH & CO KG

POSTANSCHRIFT FÜR VERLAG UND REDAKTION

Am Baumwall 11, 20459 Hamburg
Telefon: 040/3703-0, Fax: 040/3703-5694

Chefredakteur: Florian Gless (V.i.S.d.P.)

Stellvertretender Chefredakteur: Rüdiger Barth

Creative Director: Andreas Pufal

Geschäftsführende Redakteurin/CvD: Bettina Daniel

Textchef: Vito Avantario (FR)

Redaktion: Martin Tzschaschel (leitend), Nora Saager,
Haluka Maier-Borst (FR)

Grafikleitung: Dagmar Nothjung (FR)

Grafik: Anja Klingebiel, Jan Kummrey (FR),
Thomas Schimpf (FR), Mareike Tonello (FR), Nele Wiewelhove (FR)

Bildredaktion: Tinka und Frank Dietz (FR), Odile Hain (FR)

Assistenz: Gunhild Lübeck

P.M.-Korrespondentin USA: Claudia Bodin, Bodin Media, 456
Broadway, 3rd floor, New York, NY 10013, USA, Tel.: (001) 917 687
3941, Fax: (001) 212 807 7004, E-Mail: cbodin@bodinmedia.com

Verlagsgeschäftsführung: Dr. Frank Stahmer

Publisher: Alexander Schwerin

Publishing Manager: Eva Zaher

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb

Director Distribution & Sales: Torsten Koopmann

Executive Director Direct Sales: Heiko Hager

Director Brand Solutions: Daniela Krebs

Verantwortlich für den Anzeigenteil: Daniela Krebs,
G+J Media Sales, Am Baumwall 11, 20459 Hamburg

Sales Manager: Max Schulz

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit: Mandy Rußmann

Marketing Director: Sandra Meyer

Es gilt die gültige Preisliste.

Informationen hierzu unter www.gujmedia.de

Bankverbindung: Deutsche Bank AG, Hamburg,
IBAN: DE30 2007 0000 0032 2800 00, BIC: DEUTDE33

Für unverlangte Manuskripte, Fotos und Zeichnungen wird keine Haftung übernommen. Bei Leserbriefen behält sich die Redaktion das Recht auf Kürzungen vor. Die Redaktion ist nicht für den Inhalt im Heft veröffentlichter Internet-Adressen verantwortlich.

© 2015 für alle Beiträge bei Gruner + Jahr GmbH & Co KG. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Aufnahme in Online-Dienste und Internet und Vervielfältigung auf Datenträger wie CD-ROM, DVD-ROM etc. nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung des Verlages.

Herstellung: G+J-Herstellung, Heiko Belitz (Ltg.), Sören Hohmann

Druck: Prinovis Ltd & Co. KG, Betrieb Ahrensburg,

Alter Postweg 6, 22926 Ahrensburg.

Repro: 4mat media, Kleine Reichenstraße 1, 20457 Hamburg.

Printed in Germany.

Tarifanforderungen Anzeigen

G+J Electronic Media Sales GmbH, Am Baumwall 11,
20459 Hamburg

Der Export der Zeitschrift P.M. und ihr Vertrieb im Ausland sind nur mit Genehmigung des Verlages statthaft.

Bestellung von P.M.-Produkten

P.M.-Kundenservice, 74569 Blaufelden
Tel.: 040/42236427, Fax: 040/42236663, E-Mail: guj@sigloch.de

Contentvermarktung

Syndication: Picture Press, E-Mail: sales@picturepress.de

Sonderdrucke: Koordination: Petra Martens,

Anfragen: Isabella Kamauf

Tel.: 040/3703-2590, E-Mail: kamauf.isabella@guj.de

P.M. (USPS No 0014879) is published monthly by Gruner + Jahr GmbH & Co KG. Subscription price for USA is \$ 90 per annum. K.O.P.: German Language Pub., 153 S Dean St, Englewood NJ 07631. Periodicals Postage is paid at Englewood NJ 07631 and additional mailing offices. Postmaster: Send address changes to: P.M., GLP, PO Box 9868, Englewood NJ 07631.

ISSN-Nr.: 1863-9313

Anmerkung zu den Bildnachweisen:

Wir haben uns bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber dennoch nachgewiesen werden, dass eine Rechtsinhaberschaft besteht, entrichten wir das branchenübliche Honorar nachträglich.



Die Zukunft des Fliegens

VISIONEN In welchen Maschinen werden wir künftig abheben? Die spannendsten Entwürfe für neuartige Antriebe, Rumpfformen und Kabinen.



ELEKTRODE

Tuning für das Gehirn

FORSCHUNG Neue Chips, Sensoren und Elektroden revolutionieren die Neurologie. Der Report.

Exoplaneten

GRENZBEREICHE Lisa Kaltenegger erforscht fremde Planeten. »Falls es Leben im All gibt«, sagt sie, »sind wir nah dran, es zu finden.« P.M. traf die Astrophysikerin zum Interview.



Das nächste **P.M.** erscheint am 15.01.2016

DAS RENTIER

(LAT. RANGIFER TARANDUS)

Die fliegenden Rentiere des Weihnachtsmanns ziehen seinen Schlitten in nur einer Nacht um den Globus. Doch auch die irdische Verwandtschaft legt beachtliche Strecken zurück: Manche Herden wandern bis zu 5000 Kilometer im Jahr

TEXT: NORA SAAGER

FESTZEIT Je höher es in den Norden geht, desto stärker verwischt die Grenze zwischen Tag und Nacht. Das Rentier folgt deshalb keinem festen Tagesrhythmus.

FESTKLEID Die Haare des Rentiers sind ausgehöhlt. Das isoliert und gibt beim Schwimmen Auftrieb.

FESTSCHMUCK Als einzige Hirschart trägt beim Rentier auch das Weibchen ein beeindruckendes Geweih.

FEST IM BLICK Seine Augen passen sich der Polarnacht an: Im Winter erreicht mehr Licht die Sehzellen; dafür wird der Blick verschwommener.

FESTSCHMAUS Das Rentier produziert ein spezielles Enzym, um sein Leibgericht – Echte Rentierflechte – zu verdauen.

FESTBANKETT In der sommerlichen Tundra zapfen Mücken und Co. einem ausgewachsenen Ren gut einen Liter Blut pro Woche ab.

FESTER STAND Es gibt vier Millionen wilde und drei Millionen domestizierte Rene. Die Art ist nicht gefährdet.

+++ MITMACHEN UND VOM 01. – 24.12.15 GEWINNEN +++

24 Tage – 24 Chancen

Jetzt 24 Tage Handelsblatt oder WirtschaftsWoche Digitalpass GRATIS nutzen und am Advents-Gewinnspiel teilnehmen.



Je früher Sie teilnehmen, desto höher sind Ihre Gewinn-Chancen:

Digitalpass
testen und Preise
im Wert von ca.
€ 35.000,-*
sichern

- 24 Goldmünzen im Wert von ca. € 25.000,-*
- 6 x Apple iPad Pro im Wert von je ca. € 899,-
- 6 x Apple Watch im Wert von je ca. € 449,-
- 6 x Amazon.de-Gutschein im Wert von je € 250,-
- 20 Aral-Gutscheine im Wert von je € 25,-

Es handelt sich um ein Gewinnspiel der Handelsblatt GmbH, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf. **Teilnahmeberechtigung:** Die Teilnahme an der Verlosung ist für Mitarbeiter der Verlagsgruppe Handelsblatt und deren Angehörige ausgeschlossen. Der Teilnehmer muss mindestens 18 Jahre alt sein. Die Gewinner werden telefonisch oder per E-Mail benachrichtigt. Eine Barauszahlung ist nicht möglich. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. **Teilnahmeschluss ist der 24.12.2015.**

* Wertveränderungen aufgrund des Goldpreises möglich.

Jetzt testen und teilnehmen:

www.digital-pass.de/advent

**Wirtschafts
Woche**

So verstehen wir Wirtschaft.

Handelsblatt
Substanz entscheidet.

Geht's noch?

Ich will jetzt einen Termin beim Arzt! Nicht erst, wenn ich wieder gesund bin. Kein Bock, ewig flachzuliegen, bei dem, was ich im Job vorhabe. Damit das schneller geht mit Terminen, Überweisungen und Zahnarzt, erledigt das jetzt der **TK-TerminService** für mich.

Gesundheit ist alles. Deshalb die Techniker.



www.tk.de/gehtsnoch